انجنیری پوهنځی

د موادو مقاومت





پوهنمل بهرام اميري

١٣٩٦

پلورل منع دی

د موادو مقاومت

Strength of Materials

پوهنمل بهرام اميري

١٣٩٦

Afghanic

Shaikh Zayed Unversity, Khost, Engineering Faculty

Sen Teach Assist Prof Bahram Amiri

Strength of Materials



Funded by
Kinderhilfe-Afghanistan



ISBN 978-9936-620-42-1

Not for Sale

2017

د موادو مقاومت

پوهنمل بهرام اميري

افغانیک
Afghanic



Pashto PDF
2017

Shaikh Zayed University, Khost, Engineering Faculty
انجنیری پوهنځی

Funded by
Kinderhilfe-Afghanistan

Strength of Materials

Sen Teach Assist Prof Bahram Amiri

بسم الله الرحمن الرحیم

د موادو مقاومت

پوهنمل بهرام امیری

لومړی چاپ

دغه کتاب په پي ډي ایف فارمټ کې په مله سي ډي کې هم لوستلی شئ:



د کتاب نوم د موادو مقاومت

لیکوال پوهنمل بهرام امیری

خپرندوی شیخ زاید پوهنتون، انجنیری پوهنځی، خوست

وېب پاڼه www.szu.edu.af

د چاپ کال ۱۳۹٦، لومړی چاپ

چاپ شمېر ۱۰۰۰

مسلسل نمبر ۲۳۹

ډاونلوډ www.ecampus-afghanistan.org

چاپ ځای سهر مطبعه، کابل، افغانستان

دا کتاب د افغان ماشومانو لپاره د جرمني کمېټې، په جرمني کې د Eroes کورنۍ یوې خیریه ټولنې لخوا تمویل شوی دی.

اداري او تخنیکي چارې یې په آلمان کې د افغانیک لخوا ترسره شوي دي.

د کتاب د محتوا او لیکنې مسئولیت د کتاب په لیکوال او اړونده پوهنځي پورې اړه لري. مرسته کوونکي او تطبیق کوونکي ټولنې په دې اړه مسؤلیت نه لري.

د تدریسي کتابونو د چاپولو لپاره له موږ سره اړیکه ونیسئ:

ډاکتر یحیی وردک، د لوړو زده کړو وزارت، کابل

تېلیفون ۰۷۵٦۰۱٤٦٤۰

ایمېل textbooks@afghanic.de

ای اس بي ان ۹۷۸-۹۹۳٦-٦۲۰-۴۲-۱

د لوړو زده کړو وزارت پیغام

د بشر د تـاریخ پـه مختلفـو دورو کـې کتـاب د علـم او پـوهې پـه لاسته راوړلـو، سـاتلو او خپرولـو کـې ډیـر مهـم رول لوبـولی دی. درسـي کتاب د نصاب اساسي برخه جـوړوي چـې د زده کـړې د کیفیت په لوړولو کې مهم ارزښت لري. له همدې املـه د نړیوالـو پیژندل شویو معیارونو، د وخت د غوښتنو او د ټولنې د اړتیاوو په نظر کې نیولـو سره بایـد نوي درسي مواد او کتابونه د محصلینو لپاره برابر او چاپ شي.

له ښاغلو استادانو او لیکوالانو څخه د زړه لـه کـومي منـنه کـوم چـې دوامـداره زیـار یـې ایستلی او د کلونو په اوږدو کې یې په خپلو اړونـدو څـانگو کـې درسي کتابونـه تـألیف او ژباړلي دي، خپل ملي پور یې اداء کـړی دی او د پـوهې موتـور یـې پـه حرکـت راوسـتی دی. له نورو ښاغلو استادانو او پوهانو څخه هم په درنښت غوښتنه کوم تـر څـو پـه خپلـو اړوندو برخو کې نوي درسي کتابونه او درسي مـواد برابـر او چـاپ کـړي، چـې لـه چـاپ وروسته د گرانو محصلینو په واک کې ورکړل شي او د زده کـړو د کیفیـت پـه لوړولـو او د علمي پروسې په پرمختگ کې یې نېک گام اخیستی وي.

د لوړو زده کړو وزارت دا خپلـه دنـده بـولي چـې د گرانـو محصـلینو د علمـي سـطحې د لوړولو لپاره د علومو په مختلفو رشتو کې معیاري او نوي درسي مواد برابر او چاپ کړي.

په پای کې د افغان ماشومانو لپاره د جرمني کمیټې او زموږ همکار ډاکـتر یحیـی وردک څخه مننه کوم چې د دی کتاب د خپرولو لپاره یې زمینه برابره کړېده.

هیله منده یم چې نوموړې گټوره پروسه دوام وکړي او پراختیا ومـومي تـر څـو پـه نیـږدې راتلونکې کې د هر درسي مضمون لپاره لږ تر لږه یو معیاري درسي کتاب ولرو.

په درنښت

پوهنوال دوکتور فریده مومند

د لوړو زده کړو سرپرست وزیره

کابل، ۱۳۹٦

د درسي کتابونو چاپول

قدرمنو استادانو او گرانو محصلينو!

د افغانستان په پوهنتونونو کې د درسي کتابونو کموالی او نشتوالی له لويو ستونزو څخه گڼل کېږي. يو زيات شمير استادان او محصلين نويو معلوماتو ته لاس رسی نه لري، په زاړه ميتود تدريس کوي او له هغو کتابونو او چپترونو څخه گټه اخلي چې زاړه دي او په بازار کې په ټيټ کيفيت فوتوکاپي کېږي.

تر اوسه پورې موږ د ننگرهار، خوست، کندهار، هرات، بلخ، البيروني، کابل، کابل طبي پوهنتون او کابل پولي تخنيک پوهنتون لپاره ۲۵۰ عنوانه مختلف درسي کتابونه د طب، ساينس، انجنيري، اقتصاد، ژورناليزم او زراعت پوهنځيو (۹٦ طبي د آلمان د علمي همکاريو ټولنې DAAD، ۱۴۰ طبي او غير طبي د افغان ماشومانو لپاره د جرمني کمېټې Kinderhilfe-Afghanistan، ٦ کتابونه د آلماني او افغاني پوهنتونونو ټولنې DAUG، ۲ کتابونه په مزار شريف کې د آلمان فدرال جمهوري جنرال کنسولگري، ۱ کتاب د Afghanistan-Schulen، ۱ د صافي بنسټ لخوا، ۱ د سلواک ايډ او ۳ نور کتابونه د کانراد ادناور بنسټ) په مالي مرسته چاپ کړي دي.

د يادونې وړ ده، چې نوموړي چاپ شوي کتابونه د هېواد ټولو اړونده پوهنتونونو او يو زيات شمېر ادارو او مؤسساتو ته په وړيا توگه وېشل شوي دي. ټول چاپ شوي کتابونه له www.afghanistan-ecampus.org ويب پاڼې څخه ډاونلوډ کولای شئ.

دا کړنې په داسې حال کې تر سره کېږي چې د افغانستان د لوړو زده کړو وزارت د (۲۰۱۰ - ۲۰۱۴) کلونو په ملي ستراتيژيک پلان کې راغلي دي چې:

"د لوړو زده کړو او د ښوونې د ښه کيفيت او زده کوونکو ته د نويو، کره او علمي معلوماتو د برابرولو لپاره اړينه ده چې په دري او پښتو ژبو د درسي کتابونو د ليکلو فرصت برابر شي د تعليمي نصاب د ريفورم لپاره له انگريزي ژبې څخه دري او پښتو ژبو ته د کتابونو او درسي موادو ژباړل اړين دي، له دې امکاناتو څخه پرته د پوهنتونونو محصلين او استادان نشي کولای عصري، نويو، تازه او کره معلوماتو ته لاس رسی پيدا کړي."

موږ غواړو چې د درسي کتابونو په برابرولو سره د هيواد له پوهنتونونو سره مرسته وکړو او د چپټر او لکچر نوټ دوران ته د پای ټکی کېږدو. د دې لپاره دا اړينه ده چې د لوړو زده کړو د موسساتو لپاره هر کال څه نا څه ۱۰۰ عنوانه درسي کتابونه چاپ شي.

له ټولو محترمو استادانو څخه هیله کوو، چې په خپلو مسلکي برخو کې نوي کتابونه ولیکي، وژباړي او یا هم خپل پخواني لیکل شوي کتابونه، لکچر نوټونه او چپټرونه ایډېټ او د چاپ لپاره تیار کړي، زمونږ په واک کې یې راکړي چې په ښه کیفیت چاپ او وروسته یې د اړوند پوهنځیو، استادانو او محصلینو په واک کې ورکړو. همدارنګه د یاد شویو ټکو په اړوند خپل وړاندیزونه او نظریات له مونږ سره شریک کړي، تر څو په ګډه پدې برخه کې اغیزمن ګامونه پورته کړو.

د مؤلفینو او خپروونکو له خوا پوره زیار ایستل شوی دی، ترڅو د کتابونو محتویات د نړیوالو علمي معیارونو په اساس برابر شي، خو بیا هم کیدای شي د کتاب په محتوی کې ځینې تیروتنې او ستونزې ولیدل شي، نو له درنو لوستونکو څخه هیله مند یو تر څو خپل نظریات او نیوکې مؤلف او یا مونږ ته په لیکلي بڼه راولیږي، تر څو په راتلونکي چاپ کې اصلاح شي.

له افغان ماشومانو لپاره د جرمني کمیټې او د هغې له مشر ډاکتر ایروس څخه ډېره مننه کوو چې د دغه کتاب د چاپ لګښت یې ورکړی دی، دوی تر دې مهاله د ننګرهار پوهنتون د ۱۴۰ عنوانه طبي او غیرطبي کتابونو د چاپ لګښت پر غاړه اخیستی دی.

په ځانګړې توګه د جې آی زیت (GIZ) له دفتر او CIM (Center for International Migration & Development) څخه، چې زما لپاره یې له ۲۰۱۰ نه تر ۲۰۱٦ پورې په افغانستان کې د کار امکانات برابر کړي وو، هم د زړه له کومې مننه کوم.

د لوړو زده کړو له وزیرې پوهنوال دوکتور فریده مومند، علمي معین پوهنمل دیپلوم انجنیر عبدالتواب بالاکرزی، مالي او اداري رئیس احمد طارق صدیقي، د ننګرهار پوهنتون رئیس، د پوهنځیو رییسانو او استادانو څخه مننه کوم چې د کتابونو د چاپ لړۍ یې هڅولې او مرسته یې ورسره کړې ده. د دغه کتاب له مؤلف څخه ډېر منندوی یم او ستاینه یې کوم، چې خپل د کلونو-کلونو زیار یې په وړیا توګه ګرانو محصلینو ته وړاندې کړ.

همدارنګه د دفتر له همکارانو هر یو حکمت الله عزیز، فهیم حبیبي او فضل الرحیم بریالځخه هم مننه کوم چې د کتابونو د چاپ په برخه کې یې نه ستړې کیدونکې هلې ځلې کړې دي.

ډاکتر یحیی وردک، د لوړو زده کړو وزارت سلاکار

کابل، مي ۲۰۱۷

د دفتر ټیلیفون: ۰۷۵٦۰۱۴٦۴۰

ایمیل: textbooks@afghanic.de

سریزه

د ټکنالوژي او تخنیك اساس تخنیکي علوم چې مقاومت مواد یې د اساسي برخو څخه شمیرل کیږي. د ساختمانونو او ماشین الاتو د مختلفو ډولونو د طرحه ریزی لپاره اړینه ده چې عناصر د هغې په محکمیت کې اندازه شي، د ساختمان د عناصرو شمیر نه په محکمیت کې اړینه ده او ډیره محاسبه یې په شخي او استواري کې ضروري ګڼل کیږي، چې هغه د عناصرو د شمیرنې په شخی کې د ساختمان او هغې د عناصرو اندازو پیداکول دي چې د ځای او شکل بدلونونه یې د مجازي حد څخه زیاتوالی ونکړي که چیرې په جوړښت باندې بارونه اغیزه وکړي نو د شکل بدلون پکې راځي، که د خارجی بارونو مقدار د خپلې اندازې زیات شي پدې حالت کې استواري د جوړښت له منځه ځي، استواري د ساختمان هغه وخت منل کیدای شي چې د خارجي قوو له اغیزې د شکل بدلون اولني حالت ته راوګرځي نو ددې لپاره محاسباتو کې دقت او ځیرکي د انجینرانو وظیفه ده د موادو په مقاومت کې د ساختمانونو مشین الاتو او عناصرو محاسبه په محکمیت، شخي، استواري او دوامدارۍ کې اړینه ده او باید وڅیړل شي. د ډول ډول انجینري ساختمانونو په طرحه او ډیزاین کې د هغې بیلا بیلو برخو عناصرو د ابعادو د ټاکنې مسله رامنځته کیږي، دغه مسله د اقتصادي والي په پام کې نیولو سره د یو یا څو محاسبو پر بنسټ حلیږي، چې هدف یې د ساختمانونو محکموالی، شخي، استواري او تل پاتې والي تامینول دي. ډیر ځلې دغه مسله د یو مضمون په ځیر څیړل کیږي چې ددې جملې څخه یې د موادو مقاومت اساسي پوهه ده. د موادو مقاومت د پوهې په بنا کولی شو چې د یوه جوړښت ساده او پیچلې برخې وپیژنو، پدې مضمون کې تیوري (نظري) او تجربه(عملي) یو د بل سره ډیر نږدې اړیکې لري. کیدای شي یه یو وخت کې د موادو مقاومت علم نظري یا عملي بڼه ولري

ټولې فرضيې ددې پوهې په عمل کې تحقيق او څېړل کېږي کله چې صحيح والی د هغې په مطلق ډول ثبوت شي له هغې وروسته ګټه ترې اخيستل کېږي د موادو مقاومت په هکله د اول ځل لپاره علمي ليکنې او مقالې د فزيك او رياضي مشهور ايټالوي عالم ګاليله لخوا(1642-1564) کالونو کې نشر ته وسپارل شوې چې په هغې کې د سختو جسمونو قانونمندي او فزيکي خواص څېړل شوی وو. د ميخانيك نظري سره د مواد مقاومت توپير پدې کې دی چې په ميخانيك نظري کې جسمونه مطلق سخت فرض کېږي، مګر په مقاومت مواد کې ټول جسمونه چې د قوو د اغيزې لاندې راشي، شکل او اندازې يې بدلون مومي چې دا بدلون بايد د مجازي حد څخه زيات نه وي په 1960 ميلادي کال کې انګليسي فزيك پوه رابرت هوك د قوې او شکل بدلون تر منځ اړيکې وڅېړلې او فرمولبندي يې کړې چې په مواد مقاومت کې اصلي رول لري، د هغې څخه وروسته ماشينونه او دستګاوې د ازمايښت او کنترول په موخه منځته راغلې چې نوي مفکورې او نظرونه يې راپيدا کړل. د مواد مقاومت په اړه نورو پوهانو لکه: ماريوت، کولن، ايلر، برنولي او نورو ډير څېړنيز کارونه سرته رسولي دي پدې کورس کې نظري او عملي مسايل په مختلفو برخو د مواد مقاومت کې لکه: کشش فشار، غزيدنه (Elongation)، بې ځايه والی، تاويدنه، کوږوالی او نور په پام کې نيول شويدي چې پدې برخو کې به د زده کړې لپاره ګټور تمام شي [2] او [3].عمومي مفهومونه: په انجينري مسايلو کې درې اساسي برخې د ميخانيك لکه د سيال (بهيدنې) ميخانيك (Fluid Mechanics) د شکل بدليدونکي جسمونو ميخانيك (Deformable Body Mechanics) او د سختو جسمونو ميخانيكً(Rigid body Mechanics)څېړنې لاندې نيول کېږي چې هر يو يې د ساختمانې موادو په توليد کې اساسي رول لري. ساختمانونو بايد داسې طرحريزي او ډيزاين شي

تر څو چې د مختلفو قوو د اغیزې په مقابل کې مقاومت وکړای شي او له بلې خوا د ښه او معلوم محکمیت، شخي او استوارۍ لرونکي وي، چې د تصادفي او له مخکې نامعلومو بارونو په مقابل کې مقاوم او استوار پاتې شي. د موادو مقاومت د میخانیك یوه برخه ده چې لوی او واړه د شکل بدلونونه د ساختمان څیړي او د تطبیقي میخانیك یوه څانګه ده یا په بل عبارت هغه پوهه چې د انجینري محاسباتو له نقطې نظره د ساختمان، عناصرو او ماشین الاتو محکمیت، شخي، استواري او پایښت څیړي د موادو مقاومت دی. ددی لپاره چی عناصر د سا ختما نو باوری کارو کړی نو د مخکمیت،شخی او استواری شرا یط یی با ید تا مین وی

میخا نیك :دفزیك یوه برخه ده چې دجسمو نو خرکت او دریدنه (سکو ن)دهغی دعلت او شرایطو دڅرانګوالی په اړه بخث کوی او په دوه ډوله دی .

(1) سینما تیك :داجسامو حرکت بې له دی چې علت دحرکت په پا م کې ونیسي بحث کوي یا دحر کت علم دی .

(2) ډینا میك :داجسا مو حر کت او سکو ن علت (قووې) سره څیړی .او یا دخرکت او قووې ترمنځ اړیکی بیا نوي .په دوه ډوله دی :(1) ستا تیك : د سکون په خا لت کې اجسا مو تعا دل څیړي خرکت یو نسبی امردی .په نړۍ کې هیڅ ما ده بې خرکته وجود نلری ،او مطلق سکو ن هیڅ نشته .

سا ختما ن عنا صر :دسا ختما ن او جو ړښت هغه برخې دي چې د مخا سبې لپا ره انتخا بیږي.

محکمیت(Strength) د ساختمان او هغې د عناصرو قابلیت دی چې د معلومو قوو له اغیزې ویجاړ نشي بارونه او قوې په ښه شان وزغمي.

شخي(Stiffness) د ساختمان او هغې د عناصرو قابليت دی چې د خارجي قوو له اغيزې خپلې اندازې او شکل وساتي مګر اعظمي د شکل بدلون يې له مجازي شکل بدلون څخه زيات نشي.

ثبات(Stability): د ساختمان او هغې د عناصرو قابليت دی چې د معلومو قوو له اغيزې اولنۍ حالت وساتي که د جوړښت له پاسه فشاري قوه وارده شي او جوړښت د تعادل اولنۍ حالت ځانته وساتي نو دغه جوړښت ثابت دی.

پايښت(دوامداري): د ساختمان او هغې د عناصرو قابليت دی چې ورکړل شوي دنده (وظيفه) د ګټې اخيستنې په جريان کې تر ټاکلي وخت پورې وساتي.

ميخانيکي خواص: د ساختمان د پرزو او موادو قابليت دی چې د بارو او قوو د اغيزې لاندې ښايي د موادو د ميخانيکي خواصو په اړه معلومات په لابراتواري شرايطو کې د خاصو ماشينو او ستنډرډونو څخه په لاس راځي.

حقيقي جسم :د سا ختما ن او د عنا صرو ،مشخصا تو په نظر کې نيو لو سره لکه هند سي ،فر يکي ،ميحا نيکي ،او نو ر ترڅېړني لا ند ي را ځي خقيقي جسم ور ته وا يي

مطلق سخت جسم :و هغي جسم ته وايي چي د دوو نقطو تر منځ فا صله دکيفي قو وتر اغيزي لاندي تغير ونه کړي

محا سبو ي شيما :ترڅيړني لا ندي حقيقي جسم دی ،بې له هغو عنا صرو او پرزو چي په محا سبه پو ري اړه لري او يا دا چې اغيزه يې دقوو دعمل په نتيجه کې معلو مه شي .محا سبوي شيما د محا سبې ا سا نتيا لپا ره تر تيب کيږي

.نو د سا ختما ن دشمېر ني دا سا نتيا لپا ره محا سبوي شيما دسا ختما ن ختمي ده ه

اکسيو م : عبا رت له پرنسيپ ،اصل او يا علمي قا نون څخه دی چې دتجر بو په وا سطه لاسته را ځي .

۱ .عطا لت اصل :که چيري يو جسم دهيڅ قووې تر اعيزی لاندې وا قع نشي که سا کن وي تل دسکو ن په حا ل کې پا تې کيږي که متخرك وي نو خر کت به يی هميشه مستقيم الخط يا يو نواخت (دقوو محصله به يی صفر وي) او هر جسم هڅه کوي چې خپل لومړنی حا لت وسا تي

2.له شتا ب او تعجيل سره دقوو دمتنا سب والي يا ډينا ميك اسا سي اصل دی .

3 عمل او عکس العمل دوي متقا بلي قوي دي

4 .دمستقلې اغيزي پرنسيپ :کله چې يو جسم د بهرنيو با رو داغيزو په نتيجه کې دشکل بد لو ن حا صلوي نو دا بد لو ن د با رونوسره متنا سب دی او د هرې قوې دحا صل شوو بد لونو نو د مجمو عی سره برا بر دی

مخکینی خبرې

زموږ زمانه د ساینس او تکنالوژی د چټکو بدلونونو زمانه ده،د پوهانو د اټکل له مخې به په راتلونکو کالونو کې هره میاشت د علمي اطلاعاتو کچه دوه برابره شي.څرګنده ده چې له دغو بدلونونو سره یو ځای به زموږ د ژوند لارې،طریقې،تخنیك،زده کړې او کاري بوختیاوې په په ښه لوري روان شي ترڅو زموږ راتلونکی نسل له دغو نویو بدلونونو جوګه شي. د تخنیك او تکنالوژی اساس تخنیکي علوم دي،چې د موادو مقاومت یې د اساسي برخو څخه شمیرل کیمي،د ساختمان،ماشین آلاتو د بیلا بیلو ډولونو د ډیزاین،طریحریزی،جوړښت او کارونې له باره اړینه ده چې ټول عناصر او اړونده جوړیدونکي دیتالونه (پرزې) یېپ محکموالی،سختوالی،استواري او دوامداری کې محاسبه شي.ددې له پاره چې د ساختمان ټولو عناصرو د شکل بدلونونه د مجازي او منل شوي حد څخه زیاتوالی ونه کړي.او که په ساختمان باندې زورونه او قواوې له خپلې منل شوي اندازې زیاتې شي نو استواري او پایښت د جوړښت له منځه ځي.ددې له پاره په طرحریزی او محاسبه کې ځیرکي د انجینرانو دنده ده ځکه چې د ساختمان او ماشین آلاتو په طرح،ډیزان او جوړښت کې د هغې د عناصرو د ابعادو د ټاکنې،اقتصادیت،ښکلا،او مداومت مسایل رامنځ ته کیږي چې دغه مسایل د یو ځو محاسبو په بنسټ حل کیږي.چې هدف یې د ساختمانونو،ماشین آلاتو محکموالی او تل پاتې والی دی.نو دغه مسلې د یوه مضمون په ځیر ځیړل کیږي چې د موادو مقاومت یې اساسي پوهه ده،ددې پوهې په بناء کولای شو چې د یوه جوړښت ساده او پیچلي برخه وپیژنو. د موادو په مقاومت کې تیوري(نظري) او تجربه(عملي) ډیر نږدې اړیکې سره لري،کیدای شي د موادو مقاومت علم په یوه وخت کې نظري او یا

عملي بڼه ولري،ټولې فرضيې ددې علم په مطلق ډول په عمل کې ثبوت کيږي او له هغې وروسته ګټه ترې اخيستل کيږي.

په ساختمانونو او جوړښتونو باندې بهرني زورونه او قواوې که هغه فشاري.کششي،غوځيدونکي،دوراني،کږيدونکي او نورې وي، په دې کتاب کې په پام کې نيول شويدي چېد انجينري پوهې حاصلونکي يې بايد په دوو سمسترونو کې ووايي.

د موادو مقاومت مضمون د فزيك،ميخانيك نظري(ستاتيك او ډيناميك)،رياضي،هندسې او نورو علمونو څخه راټول شويدي او ټول عناصر او پرزې د ساختمان او ماشين د تغير شکل په حالت کې څيړي.د کتاب په برابرولو کې مولف له خپلې شخصي تجربې څخه چې نوموړی مضمون د څو کالونو په موده کې تدريس کوي ګټه اخيستي ده. په دې کتاب کې نوي مدرکونه چې هغه نظري،عملي مثالونه،تجربوي کړنې،کورنۍ دندې او نور شامل دي.په پای کې لازم بولم د شيخ زايد پوهنتون انجينري پوهنځی د ټولو استادانو او منسوبينو څخه چې ددې کتاب په برابرولو کې يې راسره مرسته کړيده،د زړه له کومې مننه او قدرداني کوم. ددې کتاب په تخنيکي برخه کې په کمپيوټر کې د کتاب ليکنې ،اصلاح او نورو برخو کې محترم انجينر محمد خالد مايار وردګ، محترم انجينر محمد نايب واحدی ګربز اومحترم شمس الله ساحل راسره مرسته کړيده د مننې په څرګندولو د لوی خدای ج له درباره ورته زيات برياليتوبونه غواړم.

په درناوي

پوهنمل ديپلوم انجينر بهرام آميري

د شيخ زايد پوهنتون د انجينري پوهنځي استاد

تقريظ

په تخنيكي او ساختما ني چا رو كې مسلكي پوهه كه عملي اويا نظري وي دهر انجينر لپاره دروح اوبدن بېلگه شمېرل كيږي.دغه تخنيكي پوهه چې اساس يې مواد مقا ومت جوړوي دسا ختما ن انجينردزده كړې محور ګنل كيږي انسان دخپل پيدا ښښت نه را پدې خوا دخپل ژوندانه دبقا لپاره دطبيعت اوطبيعي ښواوبدو شرايطو سره ډغرې وهلي او په دې هلوځلو كې دموادو مقاومت علم دده سره اوږه په اوږه ملګرتيا كړېده په دې اسا س ويلا ى شو چې مواد مقاومت يو ډېرپخوانى علم دى او زموږپه هېواد كې په ملي ژبه ددې ډول آثر ليكنه دزيات آهميت وړده چې له يوې خوادپښتو ژبې په بډاينه كې ستر رول لوبوي او له بلې خوا په ملي او مورنۍ ژبه مسلكي پوهې ته ښه زمينه برابروي ما دديپلوم انجينر پوهنمل بهرام (آميري)كتاب له سره ترپايه كتلى دى اوموادو مقاومت دغه آثر چې په شپږو څپركواو

( )مخونو كې ليكل شوى دى دتاليف لپاره يې دمعتبرو مأ خذونو نه ګټه اخيستل شويده په ډېره سا ده اوروانه پښتو ژبه ليكل شوى دى چې لوستل او پوهيدل يې دهر هغه چالپاره چې غواړي په مواد مقاومت او ددې علم په اسا سا تو و پوهيږي ډېره اسا نه كړيدي دكتاب اسا سي برخې په لومړي څپركي كې اړيكې اوساختماني شيما وې،قووې او بارونه، اتكا وي او عكس العملونه تر څېړنې لاندې نيول شوي دي،په دوهم څپركي كې دساده سطحو دمقاطعوهندسي مشخصات (مساحت ،ستا تيكي مومنتونه ،محوري اوقطبي انر شيا يي مو منتونه،دفرارالمركزانرشيايي مومنتونه ،دانرشيا شعاع ، دثقل مركز،اودهغې اړوند مثالونه اوكورنۍ دندې)په مفصله توګه بيان شوي دي په دريم څپركي كې كشش اوفشار (داخلي قواوې او دغوڅې

مېتو د ،تشنجا ت ،په ما يلو سطحو كې تشنجا ت،دتشنجا توتراكم ،دمحكمۍ او شخۍ شرايط دموادو ميخا نيكي مشخصات اود كشش اوفشار ديا ګرام ،اودهو ك قا نو ن (الاستيكيت او پلا ستيكيت دموادو عملي مثا لونه او كورنۍ دندې) ليكل شوي دي زه نه غواړم چې خپله دا ليكنه دفصلو نو په شمېراوپه هغې كې د ځاى په

ځای شویو موادو نوم په اخیستلو سره اوږده کړم ځکه لوستونکي کولا ی شي چې دلړلیك په لوستلو سره دهغه په ټولو برخو باندې پوه شي،چې په نوموړي کتا ب کې ځیړل شوي دي څرنګه چې د موادو مقاومت په پوهه کې میله (ګا ډر)بنسټیز ځای لري ا و په سا ختما ن کې په میله با ندې ځا ن پو هول اوپه عمل کې د بارونو لاندې دهغې کا رونه دهر مسلکي انجینر دنده بلل کیږي ،په مفصله توګه تشریح شوي ده او دامکا ن تر حده زیا رایستل شوی دی چې دنوموړی جوړښت پروسې عملي مثا لونه ،کورنیـ دندې،لابراتوا ري شرایط اودا سې نور پکې ځیړل شوي دي چې دا

کارد محصلینو دزده کړې سره زیا ته مرسته کوي له بلې خواددې کتاب ځانګړتیا داده چې دهر فصل په آخېر کې کنټرو لي کورنیـ دندې، شکلونه اودهغې جدولونه راغلي دي چې لوستونکي ا ړبا سي ترڅو چې په خپل ذهن کې دلوستل شوي فصل(څپرکی) مواد یو وار بیا تکرار کړي چې داعمل هم دزده کړي له پروسي سره ډېره مرسته کوي دا کتاب هغه املايي او تحنیکي تېروتني چې دټایپ په پروسه کې راغلي دي د مولف سره په مشوره اصلاح شوي دي او کتاب چا پو لو ته تیا رشوی دی دمسؤلو مقا مونوڅخه دکتاب چاپولوپه طمع زه محترم استا د بهرام (امیري)ته دښه صحت سره اوږد عمر غواړم ترڅو دنورو کتا بونو په لیکلو سره دهېواد دتحنیکي میحانیك او موادمقاومت مکتب چې په ملي ژبه دکتا بونو دلرلوڅخه کمزوري دي او نورهم غني کړي

پو هنمل دوکتور ګلزار(آمیني)

دشیخ زاید پوهنتون دانجینري پوهنځي دتحنیکي علو مود

دیپا رتمنت پخواني آمر

تقر يظ

دغه تحقیقي اثر چې په هغه کې د مو ا دو مقا ومت ،ثبا ت،غزیدنه ، غوځیدنه، پايښت،او نور اړونده مو ضو عا ت څېړل شوي دانجینری پو هنځی لپاره یو ډېر ګټور کتاب ثا بتیدلا ی شي په دې لیکنه کې **شکلو نه** ،جدولونه ،شیما ګانې،محا سبوی عملیې ،دفزیك مختلف قوانین ، او داسې نورو موضوغګانو په تړاوشتون لری . او همدارنګه نور ډول ډول علمی مو ضو عات په خپل ځای کې راوړل شوي دي چې دخا ص اهمیت څخه برخمن دي ترټولو دمخه یو مهم کار چې تر سره شوی هعه د اړونده اصطلا حاتو تعریفو نه دي چې دکتا ب په پېل کې راوړل شوي دي داصطلا حاتو راوړل دکتاب لوستل، لوستو نکي ته اسا نوي او لوستونکی نه خسته کوي زما په اند ددې کتاب چاپ علمې پوهه غني کوي او دمسلك مینه وال په سم لوري رهنمایې کولای شی په دې لیکنه کې تر ډېره بریده زیار ایستل شوی دی چې مسا یل په ساده او روانه ژبه لیکل شوي دي ترڅو دمتن لوستل دستونځو څخه خالي وي ددې کتاب په لیکنه کې سریزه ،دموضوعاتو لړلیك،په متن کې دماخذونو یادیدنه،اودشکلونو تشریح،اومأخذونه یې په ښه توګه لیکل شویدي زه ددعي کتا ب چاپ دافغا ني پوهې دبډاینې لپاره یو ښه اقدام ګڼم اوهیله من یم چې داکتاب چاپ ته وسپارل شي اوداړتیا پربنأ چاپ شي

په درنښت

پوهاند دوکتور ګل سا لم (شرافت)

دڅېړنې کمیټې مرسیال

لړليك

لومړی څپرکی

دوهم څپرکی

دریم څپرکی

څلورم څپركې

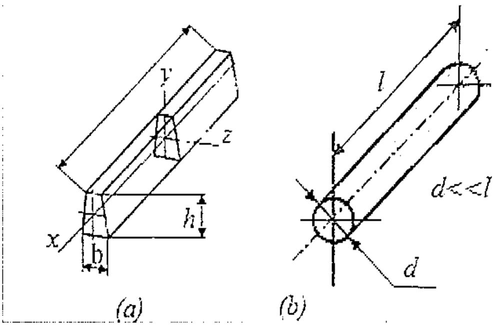
شپږم څپرکی

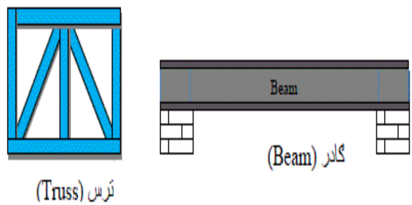
لومړۍ څپرکۍ
اړیکې او ساختماني شیماوې

1-1:هندسي شیمأ :

دحقیقي جسم محاسبه وي شیمأ د هندسي له نقطې نظره د موادو په مقاومت کې په لاندې ډولونو لکه :میله یا ګادر (دمیلوډولونه اونور) ورقه ، تخته ، پلېټ ، قشر او درانده جسمونو وېشل کېږي.

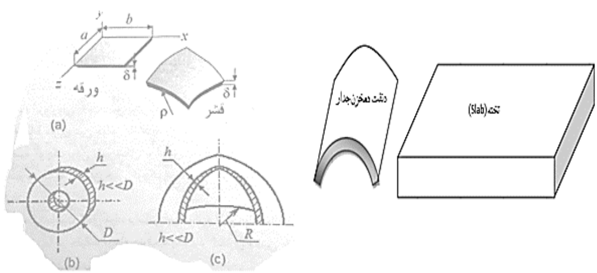
الف: میله یاګادر: هغه جسم چې دوه بُعده او یا په ګرد ډول کې یو بُعد په مراتبو کوچنی دهغې له اوږدوالي څخه وي په نوم د(میلې، ګادر او شافت) سره یادېږي . لکه (1.1-شکل)





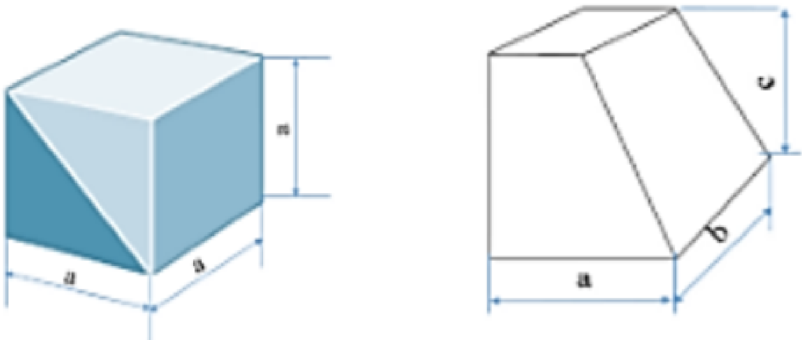
1.1-شکل: دمیلې یا ګادر شیمأ.

ب : هغه جسم چې د هغې ضخامت نظر اوږدوالي او عرض ته په مراتبو کوچنی وي ، اویا هغه جسم چې ضخامت ئې نظر اوږدوالي او جګوالي ته په مراتبوکوچنی وي قشر بلل کیږي . لکه (1 .2)شکل



2.1-شکل: ورقه یي او پلېټ ډوله جسمونه.

ج: دراندە جسمونه :ـ هغه جسمونه چې ټول ابعاد یې تقریباً سره مساوي وي.



3.1–شکل: د دراندو جسمونو شیمآ

دموادو مقاومت پوهنه کې میلې ځانګړې اهمیت لري ، دمیلې بنستیزې برخې دمیلې محور او عرضي مقطع ده دغه دواړه یو له بله سره اړیکې لري.یعنې محور د میلې دعرضي مقطع د ثقل له مرکز څخه تېرېږي او عرضي مقطع په محورباندې عموده وي. [3], [2]

2.1 :فزیکي شیمأ: د موادو مقاومت په اړوند دځینو مسائیلو د حل لپاره دجسمونو فزیکي جوړښت په برخه کې یولړ فرضیې په نظرکې نیسي چې د موادو مقاومت د فرضیو په نوم یادیږي او په لاندې ډول ترې یادونه کوو.

a. یوتکه یي (یکنواخت) فرضیه: یکنواحت مواد هغې موادو ته ویل کېږي چې دهغې په داخل کې خالیګاوې نه وي.

b.ایزوتروپیکه (متجانسه) فرضیه: هغه مواد چې د کېفي حجم په ټولو نقطوکې د یو ډول خواصولرونکی وي د متجانسو موادو په نوم یادېږي.

c. دشکل دکوچنیوالي فرضیه: ددې فرضې په بنأ ویل کېږي چې دېوه جسم دشکل بدلون نظر دهغې ابعادو ته ډیر کوچنی دی او په ډیرو حالاتو کې له هغې صرف نظرکېږي.

d. دموادو دمکمل ارتجاعیت فرضیه : ددې فرضیې په بنأ ټول مـواد مطلقاً ارتجـاعي فرض کېږي. مګر په حقیقت کې جسمونه یوازې دېـو ځل معلومې بـارونې لاندې هغـه هم د موادو مقاومت د فورمولونو په نظرکې نیولو سره ارتجاعي دي.

e. دقوې او دشکل بدلون ترمنځ دخطي رابطې فرضیه: ددې فرضې پـه بنـا تصـورکېږي چې دقوې له اغېزې دشکل بدلون د رابرت هوك دقانون له مخې سرته رسیږي چې دا قانون د قوې او شـکل بـدلون تـرمنځ مسـتقیمه رابطـه ښـانوي.دموادو پـه مقاومـت کـې نورې فرضیې هم شته چې په اړونده درسونوکې به ترې یادونـه وکړو،خو هغـه فرضـېې چې ډیرې عـامې او مروجې وې پـه پورتـه ډول تـرې یادونـه وشـوه.کله چې دسـاختمان شکل اوښه وټاکل شي ښا داصـلي بـارونو پـه پـام کـې نیولوسره دسـاختمان پـه اساسـي عناصرو حقیقي ډیزاین ترسره کېږي چې په ډیزاین کې باید لومړی د وادنۍ سلب (بام) یـا آخري چت ډیـزاین شي وروسـې اتکـایي ښـمونـه ،سـتنې او اخـره کـې بنسـټ ډیـزاین شي.د ساختمان د ډیزاین لپـاره اول دهغـې بـارونو پیـداکول ضروري دي چې پـه هغـې عمـل کـوي او هغــه عبـارت دي اول دجوړښـت انـدازه او ښـا دنوموړوبرخـو وزن نظـر دموادو کثافت (حجمي وزن)ته پیداکېږي.

1. مړه بارونـه(Dead load): چې موقعیـت اومقـداریې ثابـت وي لکه:دجوړښت دایمي وزنونه.
2. ژوندې بارونه (موقتي بارونه Live load): چې موقعیـت اومقـداریې ثابت نـه وي.
3. دبادونو بارونه .
4. دواورې بارونه.
5. دزلزلې بارونه.
6. دخاوروفشار چې دځمکې دخاورو دافقي فشار له امله منځ ته راځي.
7. دحجم اوتمـاس فشـارچې د مـوټرو دګڼې ګـونې او تـګ راتـګ څخـه مـنځ تـه راځي.

8. د اوبو فشار(ذخيرې او بندونه)

9. موجي بارونه چې دسيند دغاړې څخه لرې ساختمانونه دسينداوبوڅپو له آمله منځ ته راځي.

10. دچاودېدونکوموادو په واسطه فشار.

له پورته باروڅخه د مړوبارو پيداکول اسان او دنورو پيداکول ستونزمن کار دی او د تجربې له مخې پيداکېږي.

دبارودوهم کاره Live Loads: څرنګه چې د دو حقيقي بارونو اندازه بدلون مومي په همدې اساس په دې بارونوکې د ساتنې داضافه باري ضريب په پام کې نيول کېږي.

سلب (Slab): د يو افقي ورقه يې جسم څخه عبارت دی چې په کشش کې واقع وي هغه وزن چې په سلب عمل کوي واحد يې عبارت دی($\frac{kg}{m^2}$ ، $\frac{KN}{m^2}$ ، $\frac{Ton}{m^2}$ اونور)سلبونه نظر د بارنو وېشلوته په دوه ډوله دې: يو اړخيز او دوه اړخيز

1. يو اړخيزسلب(One way slab): هغه سلبونه چې خپل بارپه دوه لورو وېشي چې هغه لوری له اوږدواولنډو څخه عبارت دې که چېرې د يو سلب د اوږد لوری او لنډ لوری نسبت له دوو(2) ډيرشي نو دادېوارخيزسلب په نوم يادېږي.

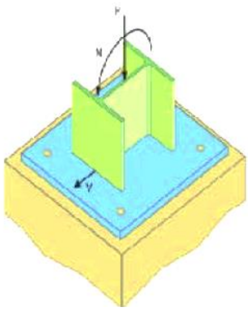
2.دوه اړخيز سلب (Two way slabs): له هغه سلب څخه عبارت دی چې خپل بارپه څلورو لورو وېشي که دېو سلب د اوږد لوري اولنډ لوري نسبت د (2) يا (2) څخه کوچنی شي له (Two way slab) څخه عبارت دی. په سلبونو کې بارونه په اوږد لوري د ذودنقې په شکل او په لنډ لوري کې د مثلث په شکل عمل کوي.که د اوږد او لنډ لوري نسبت يې له يو سره مساوي شي ،يعنې دواړه لوري عينې ابعاد ولري په دې صورت کې دمثلث په شکل عمل کوي.

بېلګه: که دېوه کنسولي ګادر اوږدوالی L=2m وي او دعرضي مقطعې اندازې يې(60x30)cmوي تاسې يې دمقطعې وزن پيداکړئ. که چېرې له اوسپنيز کانګرېټ څخه جوړشوي وي[۱]

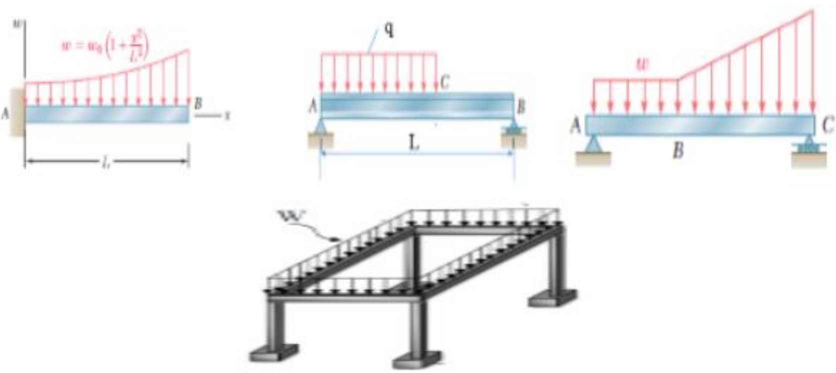
3.1ـ قوه ایزه شیمأ: په مقاومت موادو کې دمسائیلودحل په خاطر چې خارجي قوې په جسم عمل کوي اویا دهغې قوو په واسطه ئې بار پرې اچول کیږي په لاندې ډولونو یې وېشلای شو.

A. خارجي قوې : دساختماني عناصرو او بل جسم ترمنځ چې په هغې پورې اړه ولري عمل کوونکې قوه ده لکه :

الف. مرکزي قوې(بارونه): هغه قوې او مومنتونه دي چې مساحت یا دعمل ساحه یې نسبت دجسم اندازوته کوچنۍ وي او په (T.M.F.P) توروسره ښودل کیږي. لکه دپوې پایې ذاتي وزن په ځمکه.



4.1– شکل: دمرکزي قوو دعمل شیمأ.



5.1–شکل: دویشلي قوو دعمل شیمأ

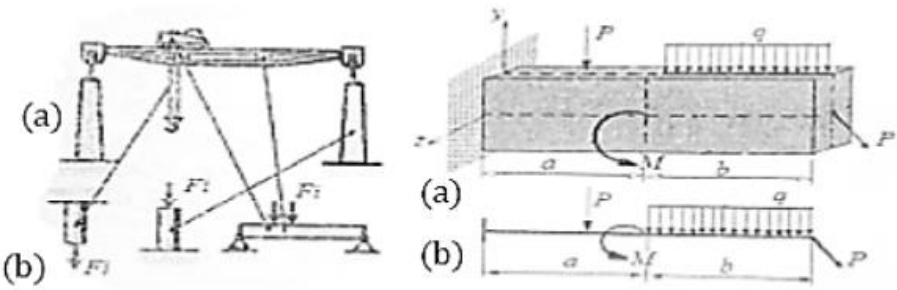
ب. وېشلي قوې(بارونه): هغه قوې چې دجسم په ټولو نقطوباندې په وېشلي ډول عمل وکړي .ددې ډول قووعمل کېدای شي په اوږدوالي دجسم اويا په ټول مساحت باندې وي. (1،5–شکل)

همدارنګه بارونه اوقوې کېدای شي ،ستاتيکې،دېناميکي،اوبدليدونکي ـ تکراري وي.

B. ستاتيکې قوې يا بارونه: هغه قوې چې دساختمان دپاسه په تدريجي او ورو ډول عمل وکړي چې له صفر څخه پيل تر اعظمي قيمت پورې په ساختمان کې لرزه او اهتزاز رامنځ ته نکړي.

C. دېناميکې قوې يا بارونه: هغه قوې چې په ساختمان باندې په چټکۍ عمل وکړي او په هغې کې لرزه او بدلون راولي.

D. بدليدونکې(تکراري) بارونه: هغه قوې چې په ساختمان باندې بې له ځنډه په متناوب ډول نظر وخت ته عمل وکړي چې محاسبوي شيمأ او حقيقي جسم يې په لاندې شکلو کې ښودل کېږي . [5] ,[2]



6.1– شکل: a -دحقيقي جسم شيمأ   b -دجسم محاسبوي شيمأ.

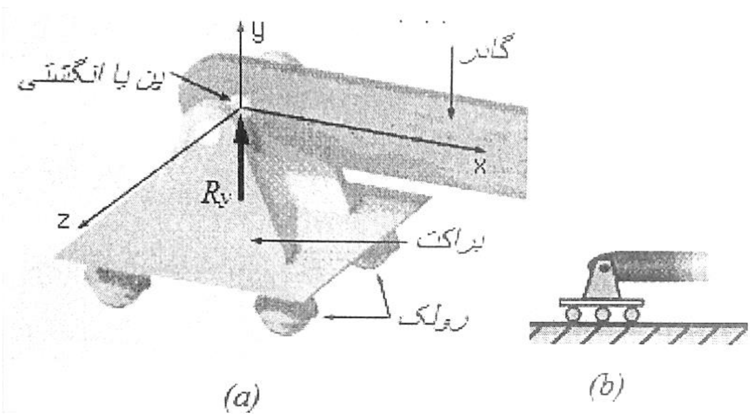
4.1 :اتکأوي او عکس العملونه:

په طبيعت کې جسمونه په دوو ګروپونو وېشل کېږي چې يو يې آزاد اوبل يې غيرآزاد(تړلي)جسمونه دي. آزادجسمونه هغه جسمونه دي چې دنوروجسمونوسره اړيکه ونلري،اوپه هوا کې په آزاد ډول حرکت وکړی شي.او غير آزاد جسمونه هغه جسمونه دي چې دپيوند او چسپناکې له سببه له نورو جسمونو سره تړلي

او محدود شوي وي او په آزاده ډول حرکت ونکړی شي.هغه ټول عوامل چې د جسم آزاد حرکت محدود وي د اړیکې ، رابطې یا اتصال په نوم سره یادېږي.

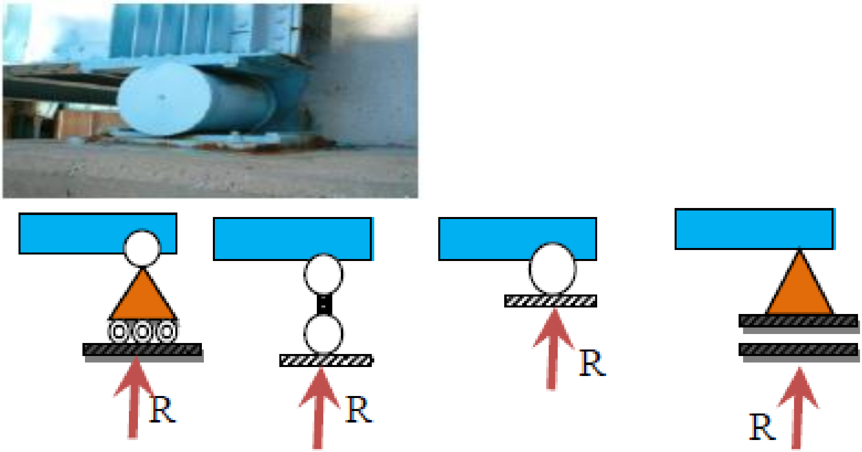
جسم د بيلابيلوقوو دعمل له اغېزې کولای شي چې حرکت وکړی شي مگر رابطې او اتصالات د هغې خنډ کېږي بنأ پردې په رابطو او اړيکو کې دقوو له اغېزې غبرگون رامنځ ته کېږي چې داتکاېې عکس العمل يا داړيکوغبرگون ورته وايي عکس العمل دوارده قووپه مخالف لوري کې قرارلري،ياهره رابطه(اتکا)لرونکې دعکس العمل ده په هغه لوري چې دجسم حرکت لوری په همغه خوا وي.رابطې اواتصالات دمختلفو ډولونو درلودونکې دي چې دجسمونو يوځاي والي په بڼه –تاري (کيبلی) پرچې ، ولډينګ ،پرس کيدل ، متحرکې مفصلی ،ساکنې مفصلی ،يوتکه يې (يکرېخت)اونور په انجينري مسائيلوکې شته والي لري، چې هره يوه اړيکه يې په لاندې ډول تر څېړنې لاندې نيسو. .[2] ,[9]

1.ازاده يا متحرکه مفصلي اتکأ(Roller support): د ډول اړيکو ته په ساختمان کې متحرکې مفصلی يا لغړيدونکی اتکاوې وايې لکه توپ اويا د موټر ټاير په څمکه ، چې ددې ډول اړيکوڅخه يوعکس العمل منځ ته راځي چې د تماس په سطحه عمود وي.



7.1 –شکل:دمتحرکې مفصلې اتکأ نمأ.

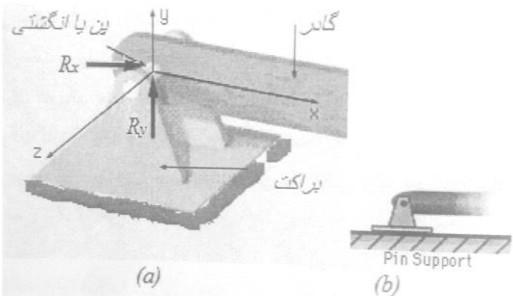
په دي ډول اتکأوو کې د جسم حرکت د اتکأ په لوري ودريدو ته اړه وی او دا ډول اتکأ وې په ميخانيك کې په لاندي شکل کې ليدي شی.



8.1–شکل: دمفصلي متحرکي اتکأشيماوي.

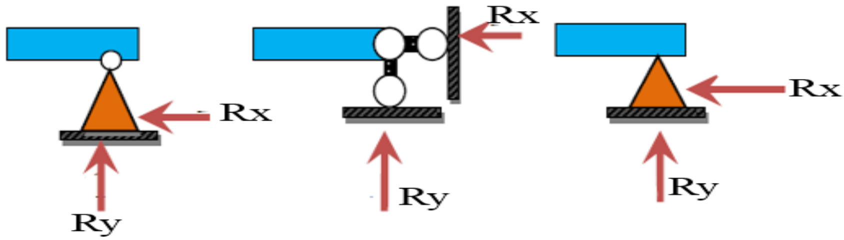
په دي ډول اتکأ و کې د عمودي محور په لوري حرکت وجود نلري ولي د جسم دحرکت امکان دافقي محورپه امتداد شته او دوران هم کولي شي.

2.غيري متحرکي مفصلي اتکأوي(Pin support): په دي ډول اتکأ وو کې دجسم حرکت په دوومتضادو لورومنع کېږي يا د اتکأيي سطحي جسم په افقي او عمودي خواوو کې حرکت ته اجازه نه ورکوي او د دووعکس العملو درلودونکي وي. دنموني په ډول مفصلونه ،چپراسونه،پيوندونه چې جسم دهغي په ګرد چاپيره دوران کوي.



9.1 – شکل: مفصلي غيري متخرکي اتکاوي

په ميخانيك کې غير متحرکې مفصلې اتکاأوې په(10.1− شکل)کې ليدلى شى.



10.1− شکل:دپن اتکاأوونما .

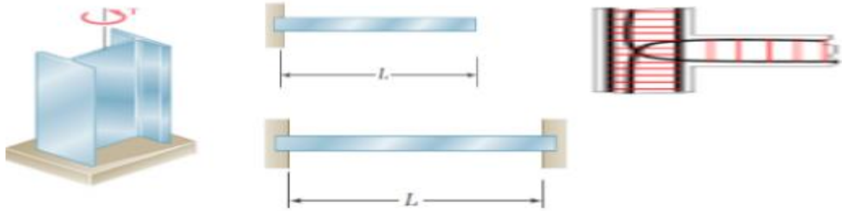
نمونې ددې ډول اتکاأوو کولاى شو چې دپوه تېر يا ګادر کېښودل په دېوالـ، دپايواو دېوالو دريدل په ځمکه ،په هغه صورت کې چې پايه يوربخت نه وي ،د دروازو دپلې اړيکې چپړاس په واسطه له چوکاټ سره او نور دې.پدې ډول اتکأ وو کې په عمودې او افقې خواوو حرکت وجود نلري او کولاى شې چې دورانې حرکت ترسره کړي ،دوه عکس العملونه لري چې په مفصل داتکأ کې مومنټ هروخت مساوي له صفرسره دې.

$$R_X \neq 0 \quad , \quad R_y \neq 0 \quad , \quad R = \sqrt{{R_X}^2 + {R_y}^2}$$

3. سختې يا يکريخت اتکأوې(Fixed support):

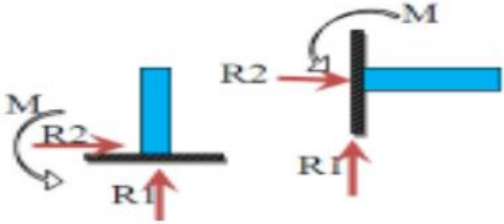
دا ډول اتکأوې د اچونې (ريخت)ولډينګ،پرچې ،نټ ـ بولټ او داسې نورو په کمك ساختمان له ځمکې سره نښلوي چې دساختمان عناصر نظردوهم عناصرته اويا دساختمان پايه نظر ځمکې ته هيڅ ډول حرکت ونکړي شې او په يوه ټوټه سره بدليږي،پدې اتکأ کې درې عکس العملونه منځ ته راځي،چې جسم په هيڅ يوه لوري (افقي R_x، عمودې R_y،دوراني M) حرکت نشې کولاى لکه (11.1− شکل).او د دريو

عکس العملونو(عمودې ،افقي،او خنثى)مومنټ لرونکې وي.خنثى يې په دې مانا چې حرکت نشي کولاى.[10]



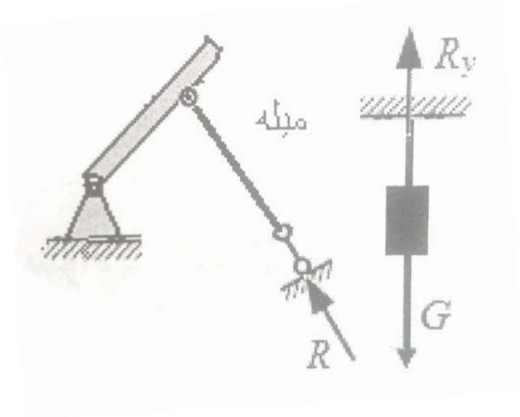
11.1– شکل: دسختي اتکأ شمیأ

سختې اتکأ په میخانیك کې په لاندې ډول ښودل کېږي.



12.1– شکل: دسختي یا ثابتي اتکأ شیمأ

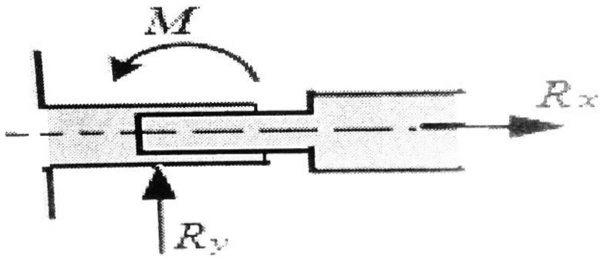
4.تاري یا کېبلي اړیکې(Cable joint): آزادجسم دتار یا کېبل په واسطه دتړلي جسم (ځمکې) سره وصلوي اونه پرېږدي چې جسم دتار یا کېبل په امتداد لاندې لاړشي.په دې ډول اړیکوکې یوازې یو عکس العمل د تار په لوري په کششي ډول منځ ته راځي لکه: (13.1 –شکل)[10]



13.1–شکل

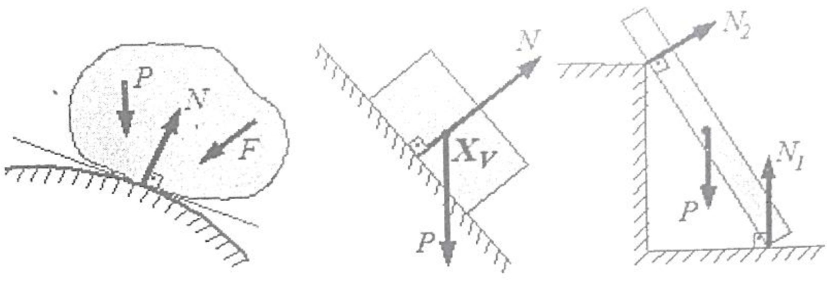
5.شافت ډوله رابطې(Shafted joint):

په دې ډول رابطو کې دوه عکس العملونه منځ ته راځي چې یو یې انحنایې مومنټ(Binding moment) چې د دو نښتو عناصرو دتماس په نقطه کې منځ ته راځي اوبل یې ددې عناصرو په محور باندې عمودې قوه ده،دنښتو عناصرو د جهت په لوري عکس العمل یې $R_x=0$ سره دې زیات داخلي پیوندونه یې جري لري.لکه: (14.1–شکل)[10]



14.1–شکل: دشافت ډوله رابطې شیمأ.

5.ځینې اتکأ و وې دلاندې شکلونو درلودونکې دې.لکه: (15.1–شکل)



15.1–شکل: دځینو اړیکو اورابطو نمأ وې

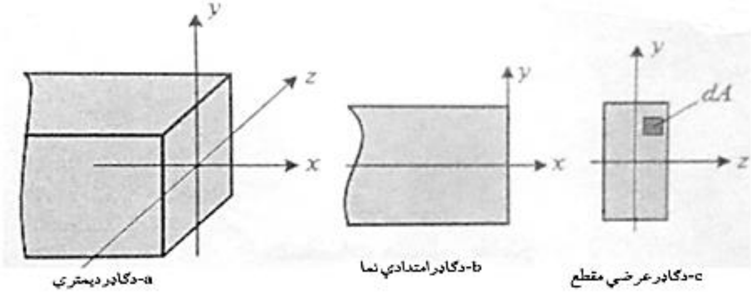
دوهم څپرکی

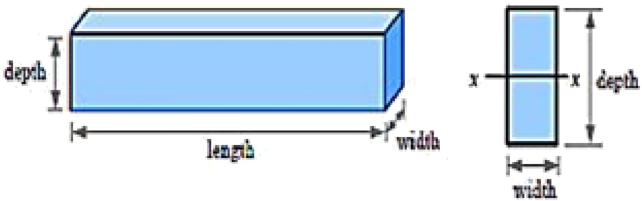
دساده سطحو(مقاطعو)هندسي مشخصات

دموادو مقاومت اساسي موضوع بروس(میله)تشکېلوي چې په انجینري محاسبو د پوه ګادر دشکل بدلون،یوازې موادو په نوعیت او اندازود میلو پورې اړه نلري،بلکه دعرضي مقطع په شکل او د ثقل مرکز په موقیعت پورې هم اړه لري.له دې سببه د مقطع دهندسي مشخصاتو زده کول ډیر ضروري دي .مثلاً دبوې میلې یا ګادر د محکموالی او شخي مشخصه په کشش – فشار کې دعرضي مقطع مساحت دې ځکه چې دګادر په عرضي مقطع کې تشنجات راڅرګندېږي. نو له همدې آمله پدې ځای کې دځینو مقطعو مشخصات چې ټاکونکی مقاومت د شکل دتغیر په مقابل لري تر څېړنې لاندې نیسو.هندسي مشخصات عددي کمیات دي چې دهغې په واسطه کولای شو شکل، اندازې او موقیعت دعرضي مقطع بیان کړو . او عبارت دي له : مساحتونه ،ستاتیکي مومنتونه،محوري اوقطبي انرشیایي مومنتونه ، دفرارالمرکزانرشیایي مومنتونه دمقاومت مومنتونه او د انرشیا شعاع ده. .[2] ,[9]

1.2–مساحت(Area)

مساحت دعرضي مقطع ساده هندسي مشخصه ده. چې هر وخت مثبت وي او د کوردیناتو تابع کېدای نشي.باید په یاد ولرو چې د ساده سطحو(مقطعو)هندسي مشخصات نه یوازې په شکل اودمقطع په اندازې پورې اړه لري ،بلکه دمحوراتو په موقیعت او هغه نقطعې چې هغې ته محاسبه ترسره کېږي هم اړه لري. لدې سببه پدې ځای کې د مسائیلو دحل لپاره د وضعیه کمیاتو محورونه په نظر کې نیول کېږي.



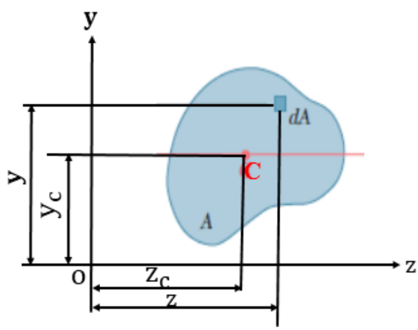


1.2-شکل

کله چې د (1.2-شکل) دمحاسبې لپاره دوضیعه کمیاتو محورونو انتخاب دی،او که دجسم عرضي مقطع د ډیرو کوچنیو برخو څخه جوړه شوي وي دهغې مساحت نظر د (1.2-شکل) ته په لاندې ډول پیداکېږي.

$$\int_A d_A = A \;,\; \int_a^b F_{(X)} d_x = F_{(X)} \Big|_a^b = F(b) - F(a)$$

2.2: دساده سطحو(مقاطعو)ستاتیکي مومنټ:



دکوړوالي ،تاویدني،پیچېلي شکل بدلون او همدارنګه په استواري کې دپایو(ستنو)محاسبه چې د ځینو مغلقو مشخصاتو شمیر نه برابروي ګټه پورته کووچي یوله دغو پیچېلو مشخصاتو څخه دسطحې ستاتیکي

مومنټ يا د سطحې اول مومنټ (First moment of an area)دی. ستاتيکې مومنټ د مقطع مساحت او اړونده محور پورې دفاصلې له حاصل ضرب څخه عبارت دی. د ستاتيکې مومنټ د پيداکولو لپاره (2.2-شکل) په نظر کې نيسو. [10]

2.2-شکل:دمقطع دستاتيکی مومنټ دپيدأ کولو لپاره دوضيعه کمياتو محوررونه

د A له مساحت څخه دdAډير کوچني مساحت (z)او (y)په کورد ېناتو دوضيعه کمياتوله محوررونو جدأکوواو د تعريف په مطابق ستاتيکې مومنټ ددې مساحت نظر(z)محورته په لاندې ډول ليکو:

$$ds_z=y.dA$$

او (Y) محورته نوموړي ستاتيکې مومنټ مساوي دې په:

$$ds_y=z.dA$$

په پورته فورمولو کې (z- دکوچني مساحت او yمحور ترمنځ فاصله ده،او y- دکوچني مساحت او zدمحور) ترمنځ فاصله ده.ستاتيکې مومنټ د وېشلې باريا قوو دمحصلې مومنټ په شان يو محورته پيدا کېږي او د(S) په توري ښودل کېږي داولنيو (لومړنيو)يا کوچنيو مساحتونو د ستا تيکې مومنټونو له حاصل جمع څخه دټول مساحت ستاتيکې مومنټونه نظرY او Z محوررونو ته پيدا کولای شو.

$$S_Z=\int_A y \cdot d_A \quad , \quad S_y = \int_A Z \cdot d_A$$

دمغلقې مقطع لپاره چې دځو ساده مساحتونو څخه جوړه شوې وي . ستاتيکې مومنټ يې دټولو اړونده کوچنيو برخو د ستاتيکې مومنټونو له خاصل جمع څخه عبارت دې.

$$S_z = \sum y_i \cdot d_{Ai} \quad , \quad S_y = \sum z_i \cdot d_{Ai}$$

د ستاتيکې مومنټ داندازه کولو واحد (cm^3 او m^3) دی.اوس فرض کو چې Zcاو Yc دعرضې مقطع دثقل له مرکز څخه تر اړونده محوراتو پورې فاصلې دې.بناً داسې ليکلای شو.

$$Sz=Yc.A \quad , \quad Sy=Zc.A$$

له پورته رابطې څخه دعرضې مقطع دثقل مرکز کوردنيات په لاندې ډول پيداکولای شو:

$$Zc = \frac{Sy}{A} \quad , \quad Yc = \frac{Sz}{A}$$

له پورته فرمولوڅخه داسې نتیجه په لاس راځي چې ستاتیکې مومنتونه نسبت مرکزي محوررونوته یا هغه محوررونو ته چې دعرضي مقطع دثقل له مرکز څخه تېرېږي مساوي

له صفر سره دې.ستاتیکې مومنټ کېدای شي مثبت،منفي او مساوي له صفرسره وي.هغه سطحې (مقاطع)چې دېلابېلو شکلونو څخه جوړې شوي وي ستاتیکې مومنټ یې په لاندې ډول پیداکولای شو.

$$Sz = \int_A Y \cdot dA = \sum_{i=1}^{n} S_i\, Z \quad ، \quad Sy = \int_A Z \cdot dA = \sum_{i=1}^{n} S_i\, y$$

په پورته رابطو کې S_z^i او S_y^i ستاتیکې مومنټونه دې (i)برخو لپاره دې.له بلې خوا د وارین اوون(Varin Own) دتیوري پربنسټ چې په لاندې ډول یې $[\overrightarrow{Mz.R}=\Sigma M_z(\overrightarrow{Pi})]$لیکلای شو یا پدې مانا چې دکوچنیو سطحو ستاتیکې مومنټونو مجموعه نظر کوم یوه محورته دټولې سطحې د مومنټ سره نظر همدې محورته مساوي دې.

3.2:دمقطع دثقل مرکز(Center of Gravity of the section):

په عملي کارونو کې ډیر وخت دیوه شکل او یا عرضي مقطعې دانرشیا یې مومنټونو او ستاتیکې مومنټونو ټاکل نظر د کوردیناتو محورته چې دپیل نقطه یې ثقل مرکز سره منطبقه ده پېښېږي.نظري میخانیك دپیچلي مقطع دثقل مرکز دلاندې میتود له مخې ټاکي [3].

1.پیچلي ترکیبي مقطع باید په ساده هندسي شکلو وویشل شي.

2.دهرساده شکل مساحت او ثقل مرکزپیداکول.

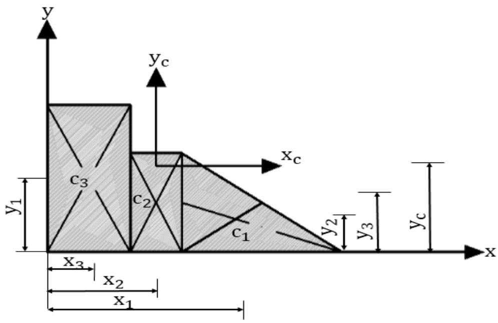
3.دوضعیه کمیاتو محوررونو(x , y , z)انتخابوول.

4.اول نظر فرمول ته دهرساده شکل ستاتیکې مومنټ پیدا او بیا وروسته د الجبري جمع په کمك دټولې ترکیبي پیچلي مقعطې کُلي ستاتیکې مومنټ موندل کېږي.

5.له فورمول څخه په ګټې اخیستنې سره دمغلقې ترکیبي مقطعې دثقل مرکز پیدأ او رسم شي.

دمحاسبې لاسته راغلي قيمتونه(نتيجې)جدول ته نقلوو.دنمونې په ډول دلاندې شکل او دهغې اړوند جدول:

په لاندې جدول کې:



A_iــــ دکېفــي کــوچني شـــکل مساحت دی(i=1,2,….,n)

X_i– دکېفي کوچني شکل دثقل مرکز د y محورکورد ېنات دې.

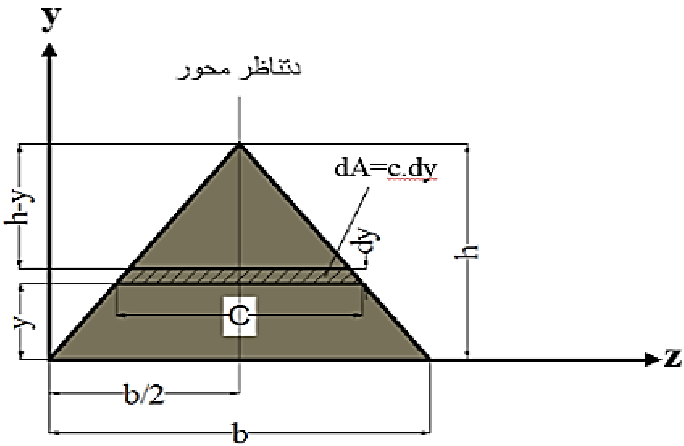
Sx_i , Sy_i ـ د کوچنيـو کېفـي سطحو ستاتيکي مومنتونه دې.

3.2–شکل:پيچيلي ترکيبي مقطع

S/N	Area(A) $(cm)^2$	X_i (cm)	Y_i (cm)	$A_i . X_i$ $(cm)^3$	$A_i . y_i$ $(cm)^3$	xc=$\frac{\Sigma syi}{\Sigma Ai}$	yc=$\frac{\Sigma sxi}{\Sigma Ai}$
1	2	3	4	5	6	7	8
2	A_1	x_1	y_1	$A_1 . X_1$	$A_1 . Y_1$	$X_C = \frac{\sum Syi}{\sum Ai}$	$y_C = \sum \frac{Sx_i}{A_i}$
3	A_2	x_2	y_2	$A_2 . X_2$	$A_2 . Y_2$		
4	A_3	x_3	y_3	$A_3 . X_3$	$A_3 . Y_3$		
5	ΣA_i						

1.مثـال: دهغـې ميلـې ثقـل مرکزپيـداکړئ چـې دعرضـي مقطعـې بڼـه يـې متسـاوې الساقين مثلث وي،قاعده يې (b) او جګوالی يې (h)وي. (4.2 –شکل).

حل: لـه هغـې ځايـه چـې مثلـث متسـاوې السـاقين دی نـو د تنـاظر محوريـې مـوازي لـه (y)محورسره دې چې دمثلث په منځ کې قرار لري ، نو دثقل مرکز موقيعت نظر(Z) تـه په لاندې ډول پيداکوو[2] $Z = Zc = {}^{b}/_{2}$.



شکل- 4.2

دثقل مرکز دپیدا کولو لپاره د (y) په محوربانديې د (z) محور سره موازي یو کوچنی مساحت د C او dy به اندازه جدا کوو چې dA=c.dy سره دې او له تشابه دمثلثونو څخه لروچې.

$\frac{c}{b}=\frac{h-y}{h} \Rightarrow c=\frac{b}{h}(h-y)$

$$Sz=\int_A y.dA=\int_A y.\frac{b}{h}(h-y).dy=b\int_A y.dy.\frac{h}{h}-\frac{b}{h}\int_A y^2.dy$$

$$=b/\frac{y^2}{2}/\frac{h}{0}-\frac{b}{h}/\frac{y^3}{3}/\frac{h}{o}=\frac{bh^2}{2}-\frac{bh^2}{3}=\frac{3bh^2-2bh^2}{6}=\frac{bh^2}{6}[cm^3,m^3]$$

$yc=\frac{Sz}{A}=\frac{bh^2}{6}\cdot\frac{2}{b.h}=\frac{h}{3}$[cm.m]

او همدارنګه نسبت y محور ته :

$Sy=\frac{b^2h}{6}\ [cm^3]$;

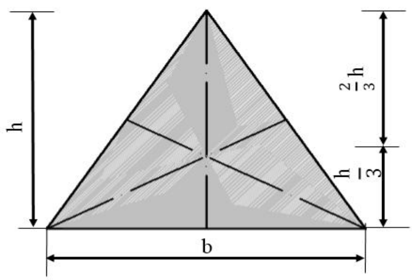
$$Xc=\frac{Sy}{A}=\frac{b^2h}{6}.\frac{2}{b.h}=\frac{b}{3}[cm,m]$$

$X_c=b/3$ د ثقل مرکز په برخه کې دی او په قاعده کې د مثلث کې $Z_c=X_c=b/2$ دی

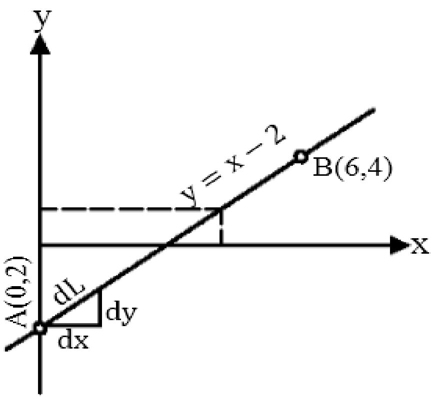
اویا یې په لنډ او ساده ډول په لاس راوړلای شو:

$$Sz = Yc \cdot A = \frac{1}{2} b \cdot h \cdot \frac{h}{3} = \frac{b\,h^2}{6}\ [cm^3; m^3]$$

$$Sy = Zc \cdot A = \frac{b}{3} \cdot \frac{b \cdot h}{2} = \frac{b^2 h}{6} [cm^3, m^3]$$



2.مثال: دهغې مستقیم خط دثقل مرکز پیداکړئ چې معادله یې (x−2)=y وي د (A) او (B) نقطو کوردنیات یې (0,−2)A او (6,4)B وي [2].



5.2–شکل

حل:دراکړل شویو اندازو(پارامترو)له مخې مستقیم خط رسمو او وروسته د(dL) په اندازه کوچنی اوږدوالی په هغې باندې په نښه کوو چې دهغې ضلعې (dx) او (dy) دې نو د(dL) اوږدوالی دقایم الزاویه مثلث څخه په لاس راځي:

$$dL^2 = dx^2 + dy^2$$

$$dL = \sqrt{dx^2 + dy^2} = dx\sqrt{1 + (\frac{dy}{dx})^2}$$

څرنګه چې دکوچني مثلث ضلعې په خپل منځ کې سره مساوي دې نو لکلای شوچې:

$$\frac{dy}{dx} = 1$$

دپورته رابطې څخه لروچې :

$$dL = dx\sqrt{1 + 1^2} = \sqrt{2} \cdot dx$$

که چېرې د(A) له ټکې څخه تر(B) پورې انتیګرال ونیسو پیدابه یې کړو چې:

$$L = \sqrt{2} \cdot \int_0^6 dx = 6 \cdot \sqrt{2}$$

اوس له مخکېنیو معادلو څخه ګټه پورته کوو هندسي مرکز یې په لاس راوړو.

نظر(X)محورته:

$$X = Xc = \frac{sy}{A} = \frac{1}{L}\int_L x \cdot dL = \frac{1}{L}\int_0^6 x \cdot (\sqrt{2} \cdot dx) = \frac{1}{6 \cdot \sqrt{2}} \sqrt{2} \cdot \frac{x^2}{2}\Big|_0^6 \Rightarrow Xc = \frac{1}{6} \cdot \frac{36}{2} = 3$$

نظر(y)محورته

$$y = yc = \frac{Sx}{A} = \frac{1}{L}\int_L y \cdot dL = \frac{1}{L}\int_0^6 (x - 2)(\sqrt{2} \cdot dx) \Rightarrow$$

$$yc = \frac{1}{6 \cdot \sqrt{2}} \cdot \sqrt{2}\int_0^6 (x - 2)\,dx = \frac{1}{6} \cdot \left(\frac{x^2}{2} - 2x\right)\Big|_0^6 = 1$$

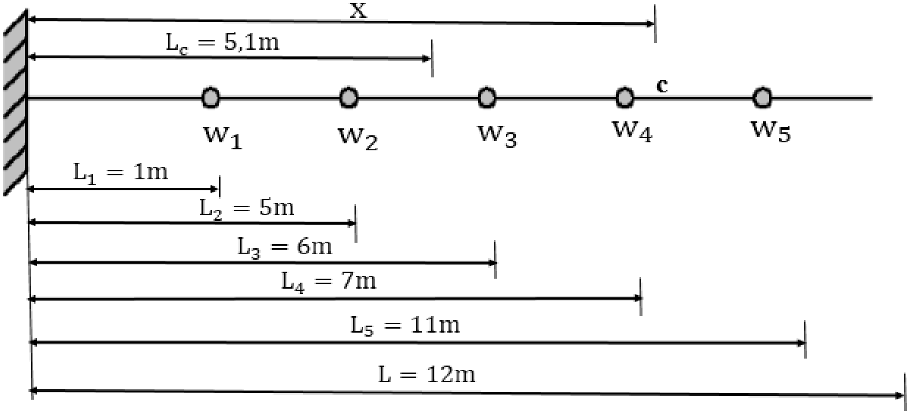
پورتني رقمونه په بله ساده طریقه هم په لاس راوړلای شو:

$$X_1 = 0 \quad , \quad y_1 = 2$$

$$X_2 = 6 \quad , \quad y_2 = 4$$

$x_C = \frac{x_1 - x_2}{2} = \frac{6}{2} = 3 \quad ; \quad y_C = \frac{y_1 - y_2}{2} = 1$

3.مثال: یوه میله یا ګادر(AB) دپنځه ګونو بارونو د اغېزې لاندې راغلي دې چې هغه بارونه عبارت دي له (, W_2=6Kg , W_3=3Kg , W_4=7Kg , W_5=5Kg W_1=8Kg) دې دلاندې رسم شوي شکل مطابق دثقل مرکز يې پيداکړئ.



6.2–شکل

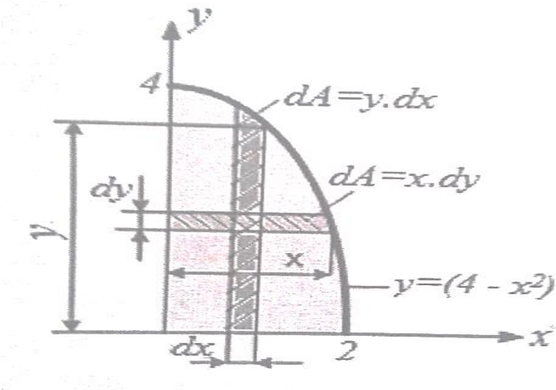
حل: که چېرې دميلې له پاسه بارونه موجود نوي نو دثقل مرکز به يې د ګادر په منځ کې قرار درلود مګراوس چې دمختلفوبارونولاندې قرار لري نودثقل مرکز موقيعيت بدلون مومي اوس فرض کوو چې دکېڼ سرڅخه تر C ټکي پورې په Xمتري کې ثقل مرکز لري خو ټول وزن دميلې د پاسه مساوي دې په ($W=W_1+W_2+W_3+W_4+W_5=29Kg$): که چېرې ټول وزن W په X فاصله کې ضرب کړو نو حاصل ضرب به يې مساوي وي د ټولو قوو يا بارو دحاصل جمع ، ضرب په اړونده فاصلو کې دميلې له کېڼ سر څخه($W.X=W_1.L_1+W_2.L_2+W_3.L_3+W_4.L_4+W_5.L_5$) له پورته معادله څخه د X قيمت پيدا کوو:

$$X = \frac{W1.L1 + W2.L2 + W3.L3 + W4.L4 + W5.L5}{W}$$

$$= \frac{8 \cdot 1 + 6 \cdot 3 + 3 \cdot 6 + 7 \cdot 7 + 5 \cdot 11}{29} \Rightarrow X = 5,1M$$

پس دثقل مرکز دګادر له کېڼ لوري څخه په 5,1m کې قرار لري.

4.مثال: $y=4-x^2$ منحنې لاندې سطحې چې د (x)او (y)محورونو په واسطه محدوده شوي وی دثقل مرکز پیدأ کړي؟[2] .



شکل-7.2

حل: له معادلې معلومیږي چې منحني دپارابولا شکل لري. اول دراکړل شوي شکل مساحت پیدا کوو. ددې کار لپاره یو کوچنی مساحت dAچې عرض یې dx او ارتفاع یېy دې بېلوو چې مساحت ددې کوچنۍ سطحې مساوي دې په :

$dA = y.dx = (4 - x^2).dx$

ټول مساحت د وروستۍ سطحې له انتیګرال نیونې د پورتنۍ رابطې په لاندې ډول دی.

$$A = \int_0^2 (4 - x^2)dx = 4x - \frac{x^3}{3} \Big|_0^2 = 5,33$$

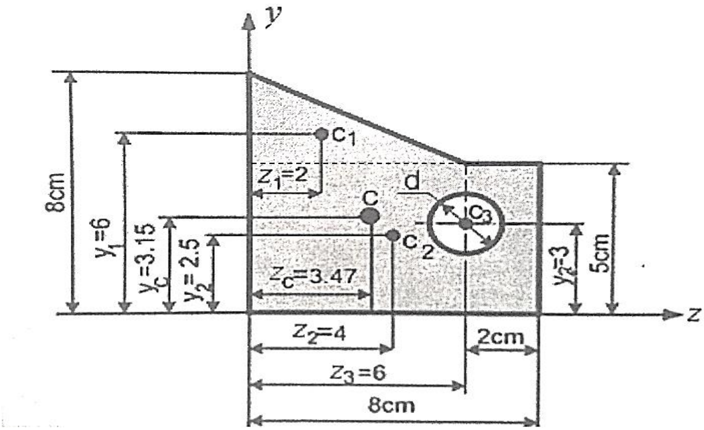
$$Xc = \frac{1}{A}\int_A x \cdot dA = \frac{1}{5,33}\int_0^2 x(4 - x^2)dX = \frac{1}{5,33}/4\frac{x^2}{2} - \frac{x^4}{4} \Big|_0^2 = 0,75$$

$dA = x.dy = \sqrt{4 - y}\,dy$

$y = 4 - x^2 \Rightarrow x^2 = 4 - y \Rightarrow x = \sqrt{4 - y}$

$$yc = \frac{1}{A}\int_A y.dA = \frac{1}{5,33}\int_0^4 y.dA = \frac{1}{5,33}\int_0^4 y.\sqrt{4-y}.dy \Rightarrow \frac{1}{5,33}/$$

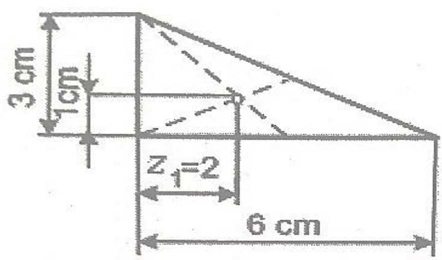
$$\frac{-2(8+3y)(4-y)^{\frac{3}{2}}}{5}\Big|_0^4 \Rightarrow yc = 1,6$$



5.مثال: دلاندې d=2cmپه شعاع شوې دي[2].

Y_1= 6cm , Y_2=2,5cm , Y_3=3cm , Z_1=2cm , Z_2=4cm , Z_3=6cm , Yc=? , Zc=?

حل: له پورته شکل څخه ليدل کېږي چې بايد ترکيبي مقطع په يوه مستطيل،يو مثلث او يوه دايره باندې وېش او دهريوه وېشل شوي شکل مساحت پيدأ شي:

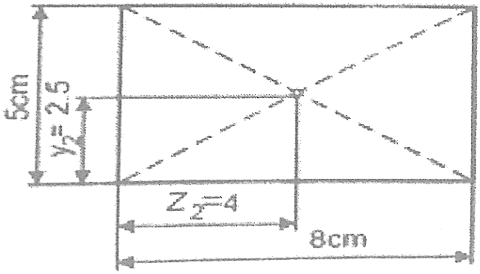


1. د (8.2-شـــــکل) دمثلث لپاره:

$$A_1 = \frac{1}{2}.6.3 = 9cm^2$$

2. د (8.2-شکل) دمستطيل لپاره:

$A_2 = 5.8 = 40\text{cm}^2$



3.د (8.2-شکل) د دایرې لپاره:

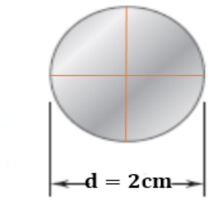
$$A_3 = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3{,}14.\,2^2}{4} = 3{,}14\text{cm}^2$$

ټول مساحت مساوي دی په:

$$A = A_1 + A_2 - A_3 = 45{,}86\text{cm}^2$$

$$y_c = \frac{A_1.y_1 + A_2.y_2 + A_3.y_3}{A} \Rightarrow \frac{9.6 + 40.2{,}5 - 3{,}14.3}{45{,}86} = 3{,}15\text{cm}$$

$$z_c = \frac{A_1.z_1 + A_2.z_2 + A_3.z_3}{A} \Rightarrow \frac{9.2 + 40.4 - 3{,}14.6}{45{,}86} = 3{,}47\text{cm}$$

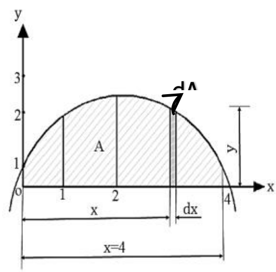


6.مثال :د ($y = 1 + 2x - \frac{x^2}{2}$) معادلې منحنې رسم کړي او ددې منحنې پواسطه تړل شوی مساحت تر(x)محورپورې په لاندې فاصلو کې پیدأکړئ؟[2].

x=4 ، x=1 : x=4 ، x=0 : x=1 ، x=0 : x=4 ، x=0

حل: اول نظر راکړل شوي معادلې ته منحنې رسم او د (9.2 -شکل) مطابق په مستوي کې محورونه رسموو:

$x = 0 \Rightarrow y = 1$
$x = 1 \Rightarrow y = 2{,}5$
$x = 2 \Rightarrow y = 3$
$x = 3 \Rightarrow y = 2{,}5$
$x = 4 \Rightarrow y = 1$



9.2- شکل

په دوهمه مرحله کې د dx کوچنی مساحت د (y.dx) په ابعادو جلاکوو او همدأ کوچنی مساحت شمېرو:

$$dA = y \, . \, dx$$

د (y)قیمت په پورته معادله کې وضع کوو:

$$dA = \left(1 + 2x - \frac{x^2}{2}\right) dx$$

وروسته له انتیګرال نیونې ټول مساحت پیدأکولای شو:

$$A_1 = \int_0^4 dA = \int_0^4 (1 + 2x - \frac{x^2}{2}) dx = \int_0^4 dx + \int_0^4 2x \, dx - \int_0^4 \frac{x^2}{2} dx \Longrightarrow$$

$$A_1 = \left| x \right|_0^4 + \left| 2 \, \frac{x^2}{2} \right|_0^4 - \left| \frac{1}{2} \cdot \frac{x^3}{3} \right|_0^4 = (4 - 0) + (4^2 - 0^2) - \left(\frac{4^3}{6} - \frac{0^3}{6}\right) =$$
$$9{,}333 cm^2$$

په همدې ډول د x=0 او x=1 دحدونو ترمنځ لروچې :

$$A_2 = x \Big|_0^1 + 2 \cdot \frac{x^2}{2} \Big|_0^1 - \frac{1}{2} \cdot \frac{x^3}{3} \Big|_0^1 = 1{,}833 cm^2$$

د x=1 او x=4 حدونو ترمنځ لورچې:

$$A_3 = x \Big|_1^4 + 2 \frac{x^2}{2} \Big|_1^4 - \frac{1}{2} \cdot \frac{x^3}{3} \Big|_1^4 = 7{,}5 cm^2$$

پورته مساحت له اول او دوهم مساحت له تعریف څخه په لاس راځي:

$$A_3 = A_1 - A_2 = 9{,}333 - 1{,}833 = 7{,}5 cm^2$$

7. مثال : دېوه قایم الزاویه مثلث مساحت پیداکړئ چې قاعده یې 10 واحده او جګوالی یې 8 واحده وي.

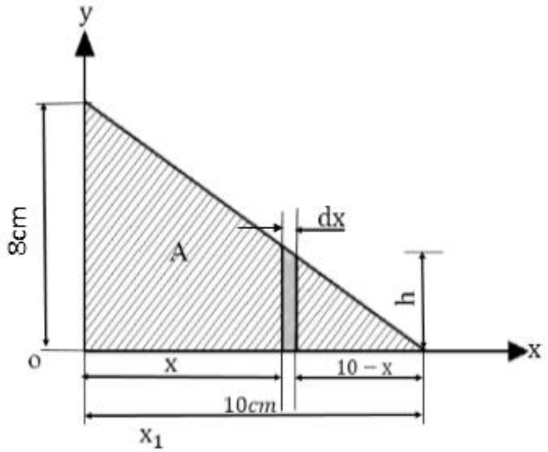
حل : دراکړل شویو شمېر ومطابق په انتخابي محوررونو (x,y) کې قایم الزاویه مثلث رسموو د(10.2–**شکل**) وروسته یوکوچنی د(dA)مساحت له مثلث څخه جدأ او محاسبه کوو جدأ شوي شکل دمستطیل بڼه لري نو لروچي:

$$dA = h.\,dx$$

د (h) جګوالی دمثلث دضلعو له تشابه"ورته والي" پیداکوو:

$$\frac{8}{10} = \frac{h}{10-x} \quad \text{یا} \quad \frac{8}{h} = \frac{10}{10-x}$$

$$h = \frac{8}{10}(10-x) = 8 - \frac{8x}{10}$$



10.2–شکل

د h قیمت دکوچني مساحت په معادله وضع کوو پیدأ به کړو:

$$dA = h.\,dx = \left(8 - \frac{8x}{10}\right) dx$$

وروسته له انتیګرال نیونې څخه دمثلث مساحت پیداکېږي:

$$A = \int_0^{10} \left(8 - \frac{8x}{10}\right) dx = \int_0^{10} 8dx - \int_0^{10} \frac{8x}{10} dx = 8\,.\,x \Big|_0^{10} - \frac{8}{10} \cdot \frac{x^2}{2} \Big|_0^{10} = 40cm^2$$

یا په بل عبارت دمثلث مساحت مساوي دی په قاعده ضرب ارتفاع ،تقسیم په دوه:

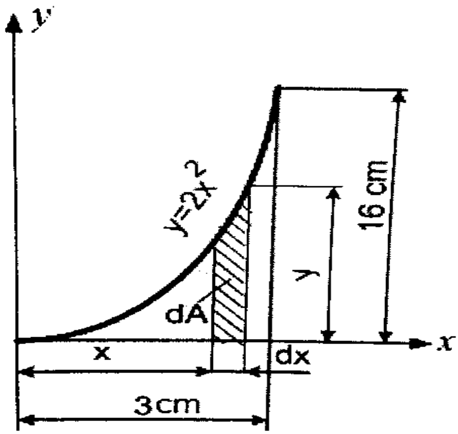
$$\frac{1}{2} \cdot 10 \cdot 8 = 5 \cdot 8 = 40cm^2$$

8. مثال : دهغې هندسي شکل مساحت او دثقل مرکز پیداکړي چې قاعده یې $b = 3cm$ مستقیم خط او ارتفاع یې هم $h = 16cm$ مستقیم خط او دمنحني برخه یې $y = 2x^2$ معادلې درلودونکې دي[2] .

حل: د راکړل شویو شمېروپه بنأ(2 . 11–شکل) رسمووکه:

$x = 0 \quad , \quad y = 0 \qquad x = 1 \quad , \quad y = 2 \qquad x = 2 \quad , \quad y = 8$

وروسته دdA مساحت موازي له y محورسره جلأ کوو او محاسبه یې سرته رسوو:



2 . 11 –شکل

وروسته دdA مساحت موازي له y محورسره جلأ کوو او محاسبه یې سرته رسوو:

$dA = y \cdot dx = 2x^2 \cdot dx$

$$A = \int_0^3 2x^2 dx = \frac{2\,x^3}{3} \Big|_0^3 = 18cm^2$$

$$x = x_c = \frac{1}{A}\int_0^3 x\,dA = \frac{1}{A}\int_0^3 x\,(2\,x^2\,dx) = \frac{1}{A}\int_0^3 2x^3dx = \frac{2}{A}\int_0^3 x^3dx = \frac{2}{18}\cdot$$

$$\left.\frac{x^4}{4}\right|_0^3 = 2{,}25cm$$

4.2:انرشيايي مومنټ(Moments of Inertia):

انرشيا په لغت کې بې حرکتۍ (سکون)ته وايي . يا په بل ډول: هغه خاصيت دجسم چې په هغه کې ساکن پاتې شي يا دحرکت په مقابل کې تمبلي(Inertia :Lack of activy) ده.

ياهغه جسم چې دخارجي قوي دعمل پرته خپل مسير ته په مستقيم ډول ادامه ورکړي . قبلوو چې دمقاومت لپاره توان ياطاقت (زور)دېوه جسم دتغير شکل په مقابل کې انرشيأ ده. يا هغه مقاومت دی چې يوجسم يې دهرحرکت په وړاندې دسکون حالت په ګډون له ځانه ښايي.انرشيأ يې مومنټ يو سکالري فزيکي کميت دې چې دېوه محورچاپيره په دوراني حرکت کې دجسم عطالت څرګند وي. کتلوي انرشيأ مومنټ په لاندې ډول محاسبه کوي.

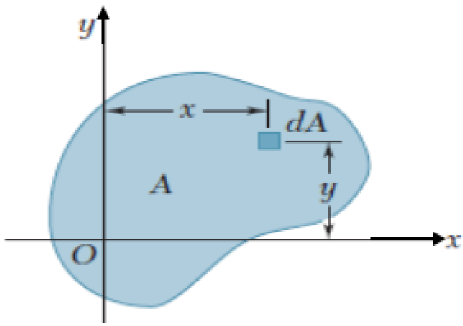
$$I = I = \int_A r^2 \cdot dm$$

په پورته فرمول کې :r دجسم له اړونده محورسره شعاعوي فاصله ،او dm دکتلې يوه کوچنۍ برخه اخيستل کيږي ګټه پورته کوي.واحد يې $kg \cdot m^2$ دی ، دموادو په مقاومت کې له محوري انرشيايي مومنټ څخه ګټه پورته کوي. هيڅ يو جسم دې ته مايل نه دی چې دسکون او حرکت حالت ته بدلون ورکړي ، که چېرې په يو جسم هيڅ بهرنۍ قوه اغېزه ونه کړي ، نو موږي جسم خپل حالت ساتي يعنې که جسم دحرکت په حالت کې وي ،خپل مستقيم الخط منظم حرکت ته دوام ورکوي او که چېرې دسکون په حالت کې وي ، خپل دسکون حالت ساتي.دانرشيا مومنټ دمادې له حرکت سره اړيکه نلري يوازې دمقطع شخې منعکسوي او يا غبرګون ورکوي او د

ګادردکړوپوالي(خميده ګي) دشمېرنې لپاره په کار يږي دانرشيا مومنټ په مرسته کولای شو چې دمقطع دمقاومت مومنټ پيدأ کړو[5].

دمقطع محوري انرشيايې مومنټ دهغې مقطع ددوران په مقابل کې مقاومت دي ،او د لومړنيومساحتونو حاصل جمع،ضرب دفاصلوپه مربع کې ،چې دثقل مرکزونو څخه تر اړونده محورپورې قرارلري عبارت دي . نظر(2 .12 –شکل) ته کولای شو چې وليکو:

$$I_z = I_z = \int_A y^2 dA \quad ; \quad I_y = \int_A z^2 dA$$



2 .12–شکل: دانرشيايي مومنټ دپيداکولوکوردينات

دانتيګرال په واسطه دانرشيا مومنټ معلومول ددې لپاره صورت نيسي چې مختلفې ساحې وټاکل شي او همدارنګه:

1. دمختلفو مساحتونو ټولې برخې دوضعيه کمياتو دمحورڅخه په مساوي فاصلې پرتې دي.

2.دمختلفو مساحتونو دانرشيا مومنټ دوضيعه کمياتو دمحورپه پام کې نيولو سره معلوم دی(دېوه مساحت دانرشيا مومنټ دهغې د دواړو برخو دانرشيا مومنټونو دمجموعې سره برابردی.) لکه چې دمرکزونو په صورت کې دېوې ترکيبې مقطع دانرشيا مومنټ دهغې د دواړو برخو او ټولو برخو دانرشيا مومنټونو دجمع کولو په مرسته پيدا کېږي هر کله چې دانرشيا مومنټ قيمت په يوه خاصه نقطه کې معلوم دې او انتقالي فورمول د دې لپاره استعمالېږي چې دجسم د ډيرو برخو د انرشيا مومنټونه

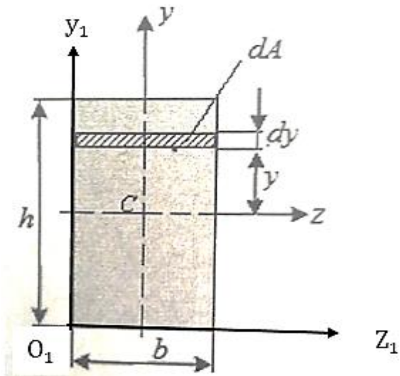
دوضعیه کمیاتو مشترك محورته راجع کړو.د اندازه ګیري واحد یې cm^4 دی . د انرشیا مومنټونه هر وخت مثبت دی. دیوه هندسي شکل چې هغه مستطیل دی دانرشیا مومنټ په لاندې ډول پیدأ کوو(13.2-شکل) یو کوچنی ساحه چې د z محور سره موازي دی په نښه کوو او دانرشیا مومنټ فورمول ته یې محاسبه کوو:[7] .

$$dA = b \cdot dy$$

$$I_z = \int_A y^2 dA = \int_A y^2 . b. dy = b . \left. \frac{y^3}{3} \right|_{-\frac{h}{2}}^{\frac{h}{2}}$$

$$I_z = b[(\frac{(h/_2)^3}{3}) - (-\frac{(h/_2)^3}{3})] = b(\frac{h^3}{3\cdot8} + \frac{h^3}{3\cdot8}) \Rightarrow I_z = \frac{b\,h^3}{12}[cm^4, m^4]$$

$$I_{z1} = I_z + A.d^2 = \frac{bh^3}{12} + b.h(\frac{h}{2})^2 = \frac{bh^3}{3}[cm^4, m^4]$$

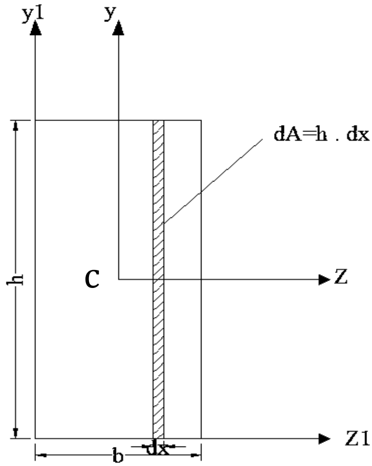


13.2-شکل:دمستطیلی مقطع هندسي شکل

په ورته ډول د y محور سره یوه کوچنۍ ساحه نشاني کوو نو نظر فورمول ته موندلای شوچې (14.2شکل).

$$I_y = \int_A x^2\, dA = \int_{-b/_2}^{b/_2} x^2 . h. dx = 2h. \left. \frac{X^3}{3} \right|_{0}^{b/2} \Rightarrow I_y = 2.h\frac{b^3}{3.8} = \frac{b^3.h}{12}[cm^4, m^4]$$

$$I_{y1} = I_y + A.d^2 = \frac{hb^3}{12} + b.h.(^b/_2)^2 => I_{y1=}\frac{hb^3}{3}[cm^4, m^4]$$



شکل-14.2

او که د مقاومت مومنټ یې نظر z او y محورونو ته معلوموو کولای شو په لاندې ډول یې ولیکو:

$$w_x = \frac{Ix}{Ly} = \frac{bh^3}{12} \div \frac{h}{2} = \frac{bh^3}{12} \cdot \frac{2}{h} = \frac{bh^2}{6}[cm^3; cm^3]$$

$$wy = \frac{Iy}{Lx} = \frac{hb^3}{12} \cdot \frac{2}{b} = \frac{hb^2}{6}[cm^3; cm^3]$$

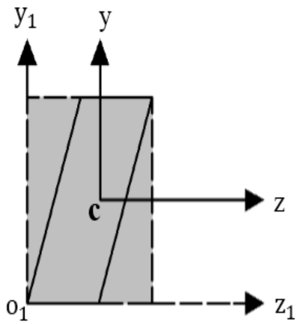
او که په خاصو شرایطو کې مربع وي نو لروچې :

$$I_x = I_y = \frac{a^4}{12}[cm^4; cm^4]:$$

او که متساو الضلاع وي نو دمستطیل انرشیا یې مومنټونه لري.

$$I_z = {^{bh^3}}/_{12}[cm^4; cm^4]$$

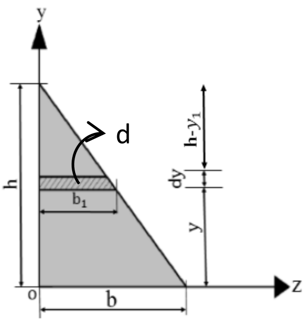
$$I_y = {^{b^3h}}/_{12}[cm^4; cm^4]$$



15.2–شکل

دمثلث دانرشیا مومنټ د z او y محورونوته په لاندې ډول پیداکیږي:

$$I_z = \int_A y^2 \cdot dA \qquad ; \qquad dA = b_1 \cdot dy$$



16.2–شکل:دمثلثاتي مقطع هندسي شکل

دمثلثاتي قضیو په نظرکي نیولو سره دا چې دمساوي زاویو په مقابل کې متناسبې ضلعې قرار لري .نو د b_1 ضلع په لاندې ډول پیداکوو:

$$\frac{b_1}{b} = \frac{h-y_1}{h} \Rightarrow b_1 = \frac{b}{h}(h - y_1)$$

د b_1 پیداشوی قیمت په پورتنۍ رابطه کې وضع کوو لرو چې که $y_1 = y$ سره وي.

$$dA = \frac{b}{h}(h - y_1)dy$$

$$I_z = \int_A y^2 dA = \int_0^h y^2 \left(\frac{b}{h}\right)(h - y_1)dy = \frac{b}{h}\int_0^h y^2 (h - y_1)\,dy =$$

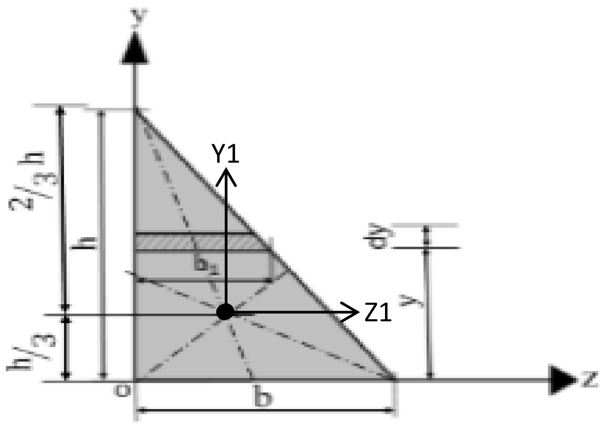
$$\frac{b}{h}\int_0^h y^2 h dy - \frac{b}{h}\int_0^h y^3.dy \Rightarrow \frac{b}{h}\cdot\frac{y^3}{3}\cdot h \Big|_0^h - \frac{b}{h}\cdot\frac{y^4}{4}\Big|_0^h = \frac{bh^3}{3} - \frac{bh^3}{4} \Rightarrow I_z =$$

$$\frac{bh^3}{12}[cm^4; m^4]$$

د مثلث د انرشیا مومنټ نظر دثقل مرکزته :

$$I_z = I_{z1} + Ad^2 \Rightarrow I_{z1} = I_z - Ad^2 \Rightarrow I_{z1} = \frac{bh^3}{12} - \frac{b\cdot\frac{h}{x}}{2}\cdot\left(\frac{h}{3}\right)^2$$

$$\Rightarrow I_{z1} = \frac{bh^3}{12} - \frac{bh^3}{18} = \frac{3bh^3 - 2bh^3}{36} = \frac{bh^3}{36}[m^4]$$



2 .17–شکل:دمثلثی مقطع هندسی شکل

دمثلث دمقاومت مومنټ مساوي دی په :

$$w_x \Rightarrow \frac{I_x}{L_y} = \frac{I_z}{Ly} = \frac{bh^3}{12}\cdot\frac{3}{h} = \frac{bh^2}{4}[cm^3; m^3]$$

$$w_y \Rightarrow \frac{I_y}{L_x} = \frac{b^3h}{12}\cdot\frac{2}{b} = \frac{hb^2}{6}[cm^3; m^3]$$

په همدې ډول نظر د y محورته یې انرشیایې مومنټ پیداکولای شو:

$I_y = \int_A z^2 dA \quad ; \quad dA = a.dx \quad ; \quad \Rightarrow I_y = b^3h/_{36}\,[cm^4; m^4]$

د دایرې انرشیایې محوري مومنټ :

قطبې کوردېنات په کاروو او یوه کوچنۍ ټوټه لکه چې په شکل کې لیدل کېږي جلا کوو او قطبې انرشیایې مومنټ یې پیداکوو:عمومي فارمول لروچې:[2] .

I_x او I_y = مساحت × دفاصلې مربع = $A.r^2$

$I_p = \int_A p^2.dA \quad ; \quad dA = 2\pi p.dp$

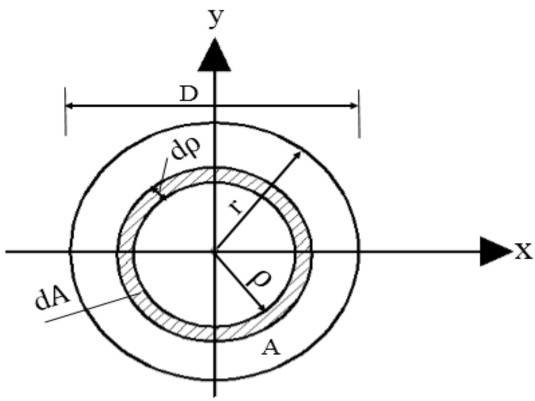
$$I_p = \int_0^r p^2 . 2\pi p.dp = 2\pi \int_0^r p^3.dp = 2\pi.\frac{p^4}{4}\Big|_0^r$$

$$I_p = 2\pi \cdot \frac{r^4}{4} = 2\pi \cdot \frac{(\frac{D}{2})^4}{4} = \frac{\pi D^4}{32} = 0{,}1.D^4[cm^4]$$

دانرشیامستطیل ,مربع او دایروي مومنټونه دمتناظروالي له کبله یوله بل سره مساوي دې یا= I_x

I_y نو لروچې:

$I_p = I_x + I_y = 2I_x = I_x = \frac{I_p}{2} = \frac{\frac{\pi D^4}{32}}{2} = \frac{\pi D^4}{64} \Rightarrow I_x = I_y = \frac{\pi D^4}{64} = 0{,}05D^4[cm^4; m^4]$



18.2–شکل: دایروي عرضي مقطع

د دایـرې انرشـیایې محـوري مومنـټ تـه دانرشـیاقطبي مومنـټ(I_p)هـم وایـې(Polar moment of Inertia) که چېرې د (19.2-شکل) په شان ګرده حلقه ولرونو د انرشیا مومنټونه یې د z او y محورونوته په لاندې ډول پیداکوو.

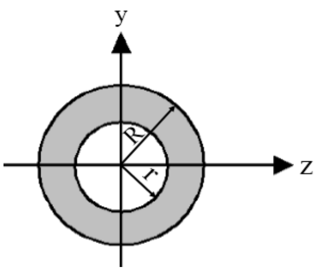
$$I_P = \frac{\pi(R^4 - r^4)}{32} = \frac{\pi(D^4 - d^4)}{32}$$

او یا کولای شو پدې ډول یې ولیکو:

$$I_p = \frac{\pi D^4}{32}(1 - c^4)$$

(C)-دحلقې د اخلي قطر اوخارجي قطرترمنځ نسبت دی.یا $c = \frac{d}{D}$

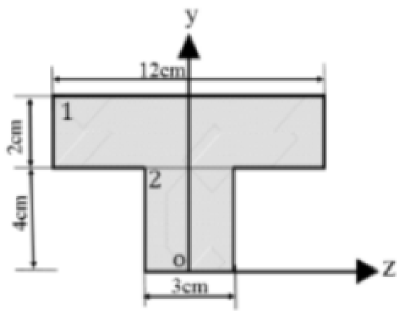
$$I_z = I_y = \frac{I_p}{2} = \frac{\pi D^4}{64}(1 - c^4)$$



19.2-شکل :دایروي عرضي مقطع

10. مثال: درسم شوي ترکیبې مقطع دثقل مرکز،ستاتیکې مومنټ او انرشیایې مومنټ پیداکړئ.

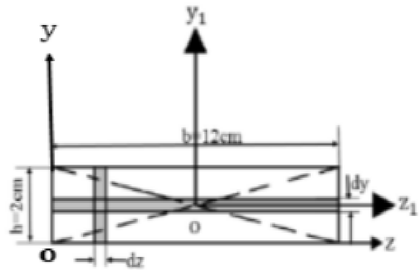
حل: څرنګه چې مقطع ترکیبې ده او له دوو مستطیلوڅخه جوړه شویده ،اول یې نامعلومې اندازې دهریوشکل لپاره پیداکوو او وروسته یې دټولې مقطع لپاره یوځای معلوموو[2] .



20.2-شکل

الف:د اول شکل لپاره ستاتیکې مومنټ پیداکوو لاندې شکل:

یو کوچنی مساحت د b او dy په اندازه جدأ او نظر محورونوته یې پیدأ کوو.



20.2 الف –شکل

نظر د(Z) محورته:

$$dA = b.dy$$

$$s_{1z} = \int_A y.dA = \int_A y.b.dy = b\int_0^h y.dy = \frac{bh^2}{2} = \frac{48}{2} = 24cm^3$$

نظرد (y) محورته:

$$dA = h.dz$$

$$s_{1y} = \int_A z.dA = \int_A z.h.dz = h\int_0^h z.dz = \frac{hb^2}{2} \quad , \quad s_{1y} = \frac{2.12^2}{2} = 144cm^3$$

ب: داول عنصردثقل مرکز:

$$z_{1c} = \frac{s_{1y}}{A} = \frac{144}{24} = 6cm$$

$$y_{1c} = \frac{s_{1z}}{A} = \frac{24}{24} = 1cm$$

ج: دانرشیایې مومنټ پیداکول: دمستطیلي مقاطعو لپاره دوضیعه کمیاتو محورونه دثقل له مرکز تیرووچې دعمده مرکزي محورونوپه نوم یاد او نظر هغې ته انرشیایې مومنټ شمېرو:

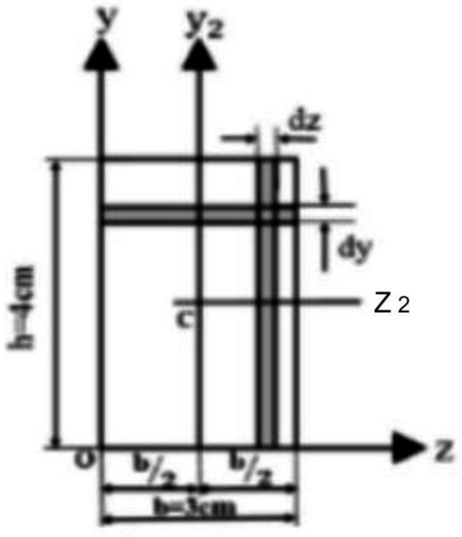
$$I_{z1} = \int y^2 dA = \int y^2 bdy = b\int_{-\frac{h}{2}}^{\frac{h}{2}} y^2 dy = b\left(\frac{h^3}{24} + \frac{h^3}{24}\right) = \frac{bh^3}{12} = 8cm^4$$

$$I_{y1} = \int z^2 dA = \int z^2 hdz = h\int_{-\frac{b}{2}}^{\frac{b}{2}} z^2 dz = h\left(\frac{b^3}{24} + \frac{b^3}{24}\right) = \frac{hb^3}{12} = 288cm^4$$

II . د دوهم عنصر لپاره:له (20.2ب–شکل) له مخې دZ محورته یې پیداکوو:

$$dA = b.dy$$

الف:



20.2ب–شکل

$s_{2z} = \int_A y.dA = \int_A y.b.dy = b\int_0^h y.dy = \frac{bh^2}{2} \Rightarrow s_{2z} = \frac{48}{2} = 24cm^3$

نظـر (y) محورتـه يـې سـتاتيکي مومنټ پيداکوو:

$s_{2y} = \int_A z.dA = \int_A z.h.dz = h\int_0^b z.dz = \frac{hb^2}{2} \Rightarrow 18cm^3$

ب: د دوهم عنصردثقل مرکز:

$z_{2c} = \frac{s_{2y}}{A} = \frac{18}{12} = 1,5cm$

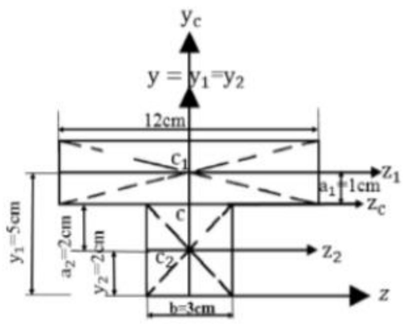
$y_{2c} = \frac{s_{2z}}{A} = \frac{24}{12} = 2cm$

ج :د دوهم عناصرانرشيأ يې مومنټ محاسبه:

$I_{2z} = \int y^2 dA = \int y^2 bdy \Rightarrow I_{2z} = b\int_{-\frac{h}{2}}^{\frac{h}{2}} y^2 dy = b\left(\frac{h^3}{24} + \frac{h^3}{24}\right) = \frac{bh^3}{12} = 16cm^4$

$I_{2y} = \int z^2 dA = \int z^2 hdz \Rightarrow h\int_{-\frac{b}{2}}^{\frac{b}{2}} z^2 dz = h\left(\frac{b^3}{24} + \frac{b^3}{24}\right) = \frac{hb^3}{12} = 9cm^4$

اوس دټـولې مقطعـې دثقـل مرکزټـاکو(20.2.ج –شـکل) ليـدل کېـږي چـې د y محوردتناظر محوردی او دثقل مرکزيې د y پـه محوربانـدې قـرار لـري. نـود z_c پـه محورباندې محاسبه ضروري نده او د(y) په محور باندې بايد قيمتونه پيداکړو:



20.2ج–شکل

$y_c = \frac{y_1A_1 + y_2A_2}{A_1 + A_2} = \frac{5\cdot24 + 2\cdot12}{36} = 4_{cm}$

$s_y = \sum s_y = s_{1y} + s_{2y} = 144 +$

$18 = 162\text{cm}^3$

$s_z = \sum s_z = s_{1z} + s_{2z} = 24 + 24 = 48\text{cm}^3$

مرکزي محورونه هغه دي چې د جسم د ثقل مرکز څخه تېرشي.نو په پورته شکل کې z_c او y_c مرکزي محورونه دي دانرشياومنتهونه ئې نظر مرکزي محورونو ته عبارت دي له:

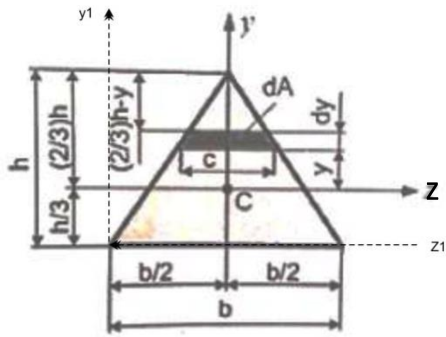
$I_{zc} = I_{1z} + a_1^2.A_1 + I_{2z} + A_2\,.a^2 = 8 + 1^2.24 + 16 + 2^2.12 \Rightarrow$

$I_{zc} = 96\text{cm}^4; I_{yc} = I_{1y} + b_1^2.A_1 + I_{2y} + b_2^2.A_2 = I_{1y} + 0\cdot A_1 + I_{2y} + 0\cdot A_2 = I_{1y} + I_{2y=>}$

$I_{yc} = 288 + 9 = 297\text{cm}^4)$

څخه عبارت دی .

11.مثال: دېومتساوي الساقين مثلث دانرشيا مومنټ(21.2 –شکل)مطابق نظرz او y مرکزي محورنوته پيداکړئ.



21.2–شکل

حل: څرنګه چې y او z محورونه مرکزي عمده محورونه دې ځکه چې دمثلث دثقل له مرکزڅخه تېرېږي،نويوکوچنی مساحت dA جداکوو او شمېرويې.

$$dA = c.dy$$

د c فاصله دداضلاعوو له نسبت څخه پيداکوو:

$$\frac{b}{c} = \frac{h}{[\frac{2}{3}h - y]} \Rightarrow c = \frac{b(\frac{2}{3}h - y)}{h} \quad ; \quad dA = \left[b\,\frac{\frac{2}{3}h - y}{h}\right] dy = \frac{b}{h}\left(\frac{2h - 3y}{3}\right) dy$$

$$I_z = \int_A y^2 dA = \int_A y^2.\left[b\,\frac{\frac{2}{3}h - y}{h}\right].dy = \frac{b}{3h}\int_{-\frac{h}{3}}^{\frac{2}{3}h} y^2(2h - 3y)dy \Rightarrow$$

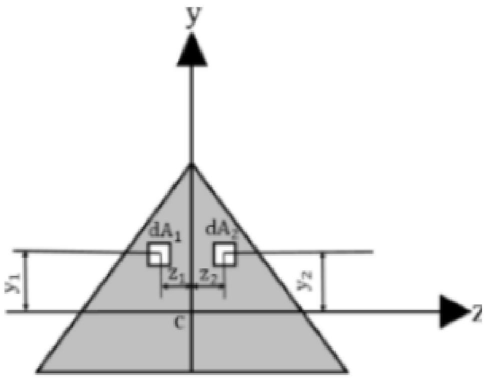
$$I_z = \frac{b}{3h}\left[\frac{y^3.2h}{3} - \frac{3y^4}{4}\right]\Bigg|_{-\frac{h}{3}}^{\frac{2h}{3}} = \frac{b}{3h}\left[\frac{(\frac{2}{3}h)^3.2h}{3} - \frac{3(\frac{2}{3}h)^4}{4} - \frac{(-\frac{h}{3})^3 \cdot 2h}{3} + \frac{3(+\frac{h}{3})^4}{4}\right] \Rightarrow$$

$$I_z = \frac{bh^3}{36}\,[cm^4; m^4]$$

5.2:دفرارالمرکزانرشیايي مومنټ:

یوه عرضي مقطع چې محورونه یې نسبت یواوبل ته عمود وي ،فرارالمرکزانرشیا مومنټ یې دمساحت او اړونده فاصلوله حاصل ضرب څخه عبارت دی چې له محورونو انتخاب شوی وي.

دفرار المرکزانرشیا مومنټ دانرشیا مومنټ په څېرزیات استعمال لیږي لکه دګادرنوپه غیر متناظر کوږوالي کې دانرشیا اعظمي او اصغري مومنټونه،دنا معلوموفریمونوپه ساختماني تحلیل او تجزیه کې ضروري دي.دفرارالمرکز انرشیأیي مومنټ ریاضیکي اصطلاح ده چې واحدیې (cm^4, m^4)دي،او په دې ډول ښودل کېږي.



22.2–شکل:دفرارالمرکزانرشیامومنټ

$$I_{yz} = \int_A y \,.\, z \,.\, dA$$

دفرارالمرکزانرشیا مومنټ دانرشیا مومنټ په خلاف علامه یې دمساحت په موقعیت او د محورونو سره اړیکې لري . که چېرې ساحه په(I)او (III)ناحیه کې واقع وي علامه یې مثبت او که په(II)او (IV)ناحیه کې واقع وي علامه یې منفي ګڼل کېږي او

کېدای شي چې مساوي له صفر سره شي.د فرارالمرکز انرشیا مومنتونه د تناظر محورونو په پام کې نیولو سره صفردی که د(x)او(y)محورونه دوضعیه کمیاتو دمبدآ په شاوخوا وڅرخیږي ، نو څرخیدنه یې که د ساعت ستنې په مخالف جهت د 90^o زاویې په اندازه دوران وکړي،داصلي موقعیت څخه بې ځایه کېږي،نوعلامه (I_{xy})مومنټ هم تغیر کوي. بنا پردې دمحورونو د دوران په صورت کې داسې یوموقیعت دمحورونو به پیدآکړو چې د(I_{xy})یا فرارالمرکزانرشیامومنټ نسبت نوموړو محورونوته صفروي، دا ډول محورونه دعمده محورونوپه نوم یادیږي . دتناظر هریومحورعمده محور دی ، او په هغې باندې عمودې محورهم عمده محورګڼل کېږي.هغه محورونه چې عمده وي اود سطحې دثقل له مرکز څخه تېر شي دعمده مرکزي محورونو په نوم یادیږي. د(2.22) شکل له مخې کولای شو ولیکو چې:

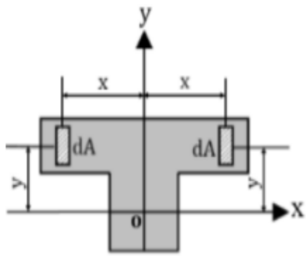
$$I_{yz} = \int_A y.z.dA = \int_{\frac{A}{2}} y_1 z_1 dA_1 + \int_{\frac{A}{2}} y_2 z_2 dA_2 \Rightarrow I_{yz} =$$

$$\int_{\frac{A}{2}} yzdA + \int_{\frac{A}{2}} (-z)ydA = 0$$

دیوې ترکیبې مقطع دانرشیا مومنټ نسبت دثقل مرکز محورونو ته ترکیبې مقطع دعناصرو دانرشیأ ئې مومنتونو په حاصل جمع سره مساوي دي ،اود ترکیبې مقطع دفرارالمرکز انرشیائې مومنټ دوضعیه کمیاتو له مرکز څخه داړونده دوو مقابلو عمودي محورونو د(x،y)فاصلي ضرب دهغې مساحتونو (فرارالمرکز انرشیائې مومنتونو) په الجبري مجموعې سره مساوي دي .مګر دګردې ترکیبي مقطع قطبي انرشیائې مومنټ د(I_ρ)له یوې نقطې (ثقل مرکز)څخه داړونده عناصر و پورې دفاصلو مربع ضرب ئې مساحتونو (قطبي انرشیائې مومنتونه)په الجبري مجموعې سره مساوي دي .که(T)یومتناظرسیکشن چې په شکل کې ښودل شویدی دا ښکاره کوي

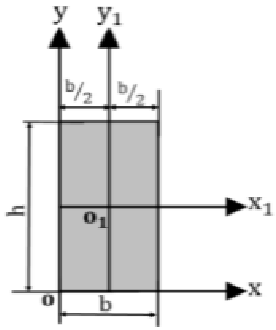
چې د(A)له ټوټې سره یوه بله برابره متناظره ټوټه نظر(y) محورته موجوده ده،نو د y محوردتناظر په پام کې نیولو سره دA او B لپاره کورد ښات په خپل منځ کې سره مساوي دې،مګر علامې یې مخالفي دې د x محور ته د y کورد ښات دنوموړوټوټوسره یوشان او برابرې علامې لري،نو د A او B ټوټو لپاره د فرارالمرکز انرشیا مومنټ ئېصفردي.نو په دې شکل کې دوضیعه کمیاتو محورونه دتناظر

محورونه دي. هغه مقاطع چې انرشیامومنټ دهغې زیات دی د ډیرو بارونو او قوود زغم توان لري[2].



23.2–شکل

12.مثال: درسم شوی مستطیل دثقل مرکز او وضیعه کمیاتو محورونو ته دفرارالمرکز انرشیامومنټ پیداکړئ[2].



24.2–شکل

حل: د xoy محورنوته I_xy مساوي دې په :

$$I_{xy} = \int_0^b \int_0^h b.h\,.db.dh = \int_0^b b.\frac{h^2}{2}db = b^2.\frac{h^2}{4}$$

نظرد $x_1o_1y_1$ محورنوته: که $b_1 = \frac{b}{2}$ او $h_1 = \frac{h}{2}$ وي نو لروچې:

$$I_{xy} = I_{x1y1} + b_1h_1.A \Rightarrow \frac{b^2h^2}{4} = \frac{b}{2}\cdot\frac{h}{2}\cdot b\cdot h + I_{x1y1}$$

$$I_{x1\,y1} = \frac{b^2h^2}{4} - \frac{b^2h^2}{4} = 0$$

د پورته شکل او معادلو ښکاري چې د فرارالمرکز انرشیا مومنټ نظر دثقل مرکز څخه تېریدونکو محورونو ته مساوي له صفر سره دې.

13.مثال: د x اوy محورونو پام کې نیولو سره د زاویوي مقطع فرارالمرکز انرشیا مومنټ پیداکړي[2] .

حل: نوموړي مقطع له دوو مستطیلونو څخه جوړه چې لومړنی مستطیل (100×20)mm ملي متره اودوهم مستطیل (20×160)mm دی . دلومړي مستطیل لپاره مرکزي محورونه چې x او y ته موازي دې متناظر محورونه دې ځکه نو ددې مستطیل

لپاره فرارالمرکز انرشیایي مومنټ صفردی،خو د دوهم مستطیل لپاره د اول مستطیل حالت دي،نو د ترکیبي ساحې لپاره لروچې:

د اول مستطیل لپاره لرو چې:

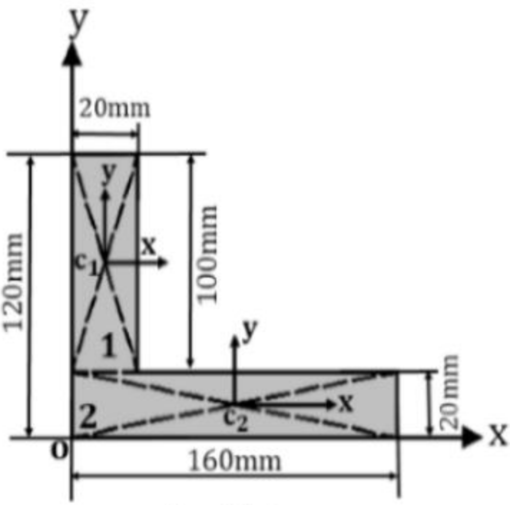
$I_{x1\,y1} = I_{xy} + x.y.A \Rightarrow I_{x1\,y1} = 0 + (100 \times 20) \times 10 \times 70 = 1{,}4.10^6 mm^4$

ددوهم مستطیل لپاره لروچې:

$I_{x2\,y2} = I_{xy} + x.y.A \Rightarrow I_{x2\,y2} = 0 + (160 \times 20) \times 80 \times 10 = 2{,}56.10^6 mm^4$

دټولې ترکیبي مقطع لپاره:

$I_{xy} = (1{,}4 + 2{,}56).10^6 = 3{,}96 \cdot 10^6 mm^4$



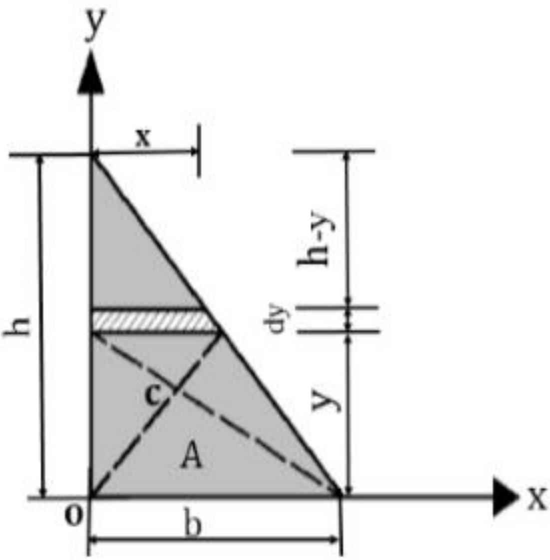
شکل-25.2

14.مثال: نظر x محورته دقایم الزاویه مثلث دفرارالمرکز انرشیا مومنټ پیدا کړي [8].

حل: فرض کوو چې دکوچنۍ ساحې کوردینات $(\frac{x}{2}\ ,\ y)$ dA دي او د x محورسره موازي موقعیت لري،نو دعمومي فورمول څخه لروچې:

$I_{xy} = \int_A x.y\,.dA \quad ; \quad dA = x.dy$

مرکـزي کورد ېنـات يـې $\frac{x}{2}$ او y دی.
د ذکرشـويو دوو مثلثولـه ورته والي څخه ليکوچې:



شکل-26.2

$\frac{x}{h-y}=\frac{b}{h}\Rightarrow x=\frac{b}{h}(h-y)\quad;\quad dA=x.dy=\frac{b}{h}(h-y).dy$

$I_{xy}=\rho_{xy}=\int_A x.y.dA=\int_0^h\left[\frac{1}{2}\cdot\frac{b}{h}(h-y)\right].y.[\frac{b}{h}(h-y)dy]\Rightarrow$

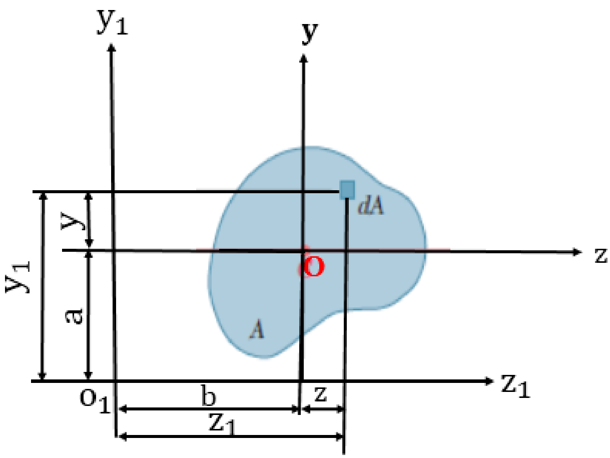
$I_{xy}=\int_0^h\frac{b^2}{2h^2}[h^2.y-y^2h-y^2h+y^3].dy=\frac{b^2}{2h^2}\left[h^2\frac{y^2}{2}-2\frac{hy^3}{3}+\frac{y^4}{4}\right]\Big|_0^h\Rightarrow$

$I_{xy}=\frac{b^2h^2}{4}-\frac{b^2\,.\,h^2}{3}+\frac{b^2h^2}{8}=\frac{6b^2h^2-8b^2h^2+3b^2h^2}{24}\Rightarrow I_{xy}=$
$\frac{b^2h^2}{24}[cm^4,mm^4,m^4]$

5.2 – انرشيايي اوستاتيکي مومنتونه نسبت موازي محورونوته:

دځينو مسلو دحل په خاطر لازمه ده چې انرشيايې او ستاتيکې مومنتونه يې نسبت يوه بل محورته ، چې دمقطع له اصل محورونو سره موازي وي پيدا شي.فرضـوو چې د يـوه کېفي شکل انرشيايې مومنټ نسبت مرکزي محورونو zاو y ته معلوم دي[9].

$I_z=\int_A y^2\,.dA\qquad;\qquad I_y=\int_A Z^2.dA\qquad;\qquad I_{ZY}=\int_A Z\,.y.dA$



27.2 –شکل :موازي محورونه

اوس د دې جسم انرشيايي مومنټ Z_1 او Y_1 ته پيداکوو،چې د اصلي محورونوڅخه د a او b په فاصلوقرارلري.

$$I_{z1} = \int_A y_1^2\, dA \quad ; \quad I_{y1} = \int_A z_1^2 \,.dA \quad ; \quad I_{z1y1} = \int_A z_1 \,.y_1 \,.dA$$

دهرې نقطې کاردېنات په نويو محورونوکې يا نويو وضعيه کمياتو کې دپخواني سيستم دوضعيه کمياتو له مخې ښودل کېږي:

$$z_1 = z + b \quad ; \quad y_1 = y + a$$

دنويومحورنو د انرشيامومنټ په فورمولونوکې دپورتنيو قيمتونوله وضع کولو څخه لروچې:

$$I_{z1} = \int_A y_1^2.dA = \int_A (y+a)^2 dA = \int_A y^2 dA + 2.a.\int_A y.dA + a^2 \int_A dA \Rightarrow$$

$$I_{z1} = I_z + 2.a.s_z + a^2.A$$

له هغې ځايه چې z او y مرکزي محورونه دي نو ستاتيکي مومنتونه نظر مرکزي محورونوته صفر وي يعني $s_y = 0 \;;\; s_z = 0$:

$$I_{z1} = I_z + a^2.A$$

$I_{y1} = \int_A z_1^2 \cdot dA = \int_A (z+b)^2 dA = \int_A z^2 dA + 2.b.\int_A Z.dA +$
$b^2.\int_A dA \Rightarrow I_{y1} = I_y + 2.b.s_y + b^2.A$

$s_y = 0$ نو : $I_{y1} = I_y + b^2.A$

$I_{y1z1} = \int_A z_1.y_1 dA = \int_A (z+b)(y+a).dA = \int_A z.y\,dA + b.\int_A y.dA +$
$a.\int_A z.dA + \int_A a.\,b.\,dA = I_{zy} + b.\,s_z + a.\,s_y + a.b.A = I_{yz} + a.b.A$

په دې ترتیب سره ویلی شوي چې دانرشیامومنټ نسبت موازي کېفي محورته مساوي دي په مومنټ انرشیا نسبت مرکزي محورته جمع یې موازي انتقال(مساحت ضرب د فاصلو په مربع کې)یا: $I_{z1} > I_z$

ستاتیکي مومنټ نسبت نویو y_1 او z_1 محورونو ته په لاندې ډول شمېرو:

$s_{y1} = \int_A z_1 \,.\, dA \quad ; \quad z_1 = z + b$

$s_{y1} = \int_A (z+b)dA = \int_A z.dA + b\int_A dA = s_y + b.A$

$s_{z1} = \int_A y_1.dA \quad ; \quad y_1 = y + a$

$$s_{z1} = \int_A (y+a)dA = \int_A y.dA + a\int_A dA = s_z + a.A$$

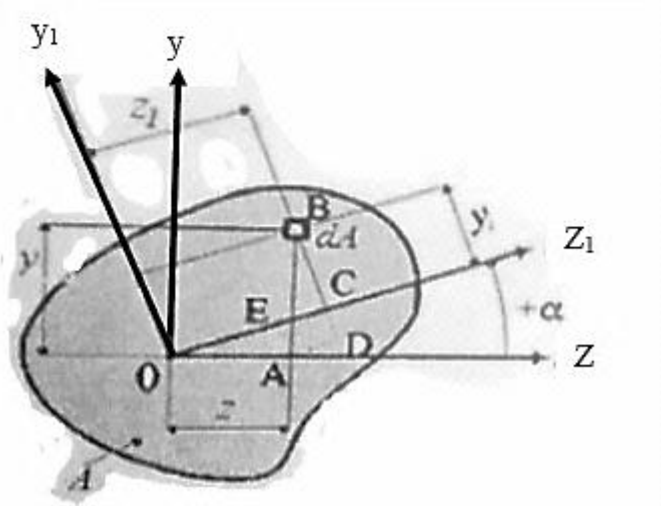
6.2 –انرشیایي مومنټ نسبت دمحورونو دوران ته:

په ځینو ځایوکې ددې اړتیا پیداکېږي چې دهغو محورونو میلان چې نسبت عادي محورونوته یې پیداکړیدي دانرشیا مومنټ یې پیدا کیدای شي .ځکه چې عام فورمول یې په اسانۍ سره استعمالېږي،نودا مسله ممکن په لاندې ډول ذکرشي.فرض کېږي چې دانرشیا مومنټونه نسبت مرکزي محورونو ته مخکې له مخکې را کړل شویدي.

$I_z = \int_A y^2 \,.\, dA \quad : \quad I_y = \int_A z^2 \,.\, dA \quad ; \quad I_{zy} = \int_A z\,.\,y\,.dA$

د z اوy محورونه د∝ زاویې په اندازه دساعت ستنې په مخالف لوري څرخووچې داجهت مثبت قبلوو،د B نقطه مخکې له دوران د z او y دمحورونوڅخه او وروسته د z_1 او y_1 محورونوڅخه ثابته ده او نسبت نویوومحورونوته دانرشیا مومنټونه په لاندې ډولیکلای شو:

$I_{z1} = \int_A y_1^2 \, dA \quad ; \quad I_{y1} = \int_A z_1^2 \, dA \quad ; \quad I_{z1y1} = \int_A y_1 \, z_1 \, dA$



28.2شکل دمحورونودوران

له (28.2- شکل) څخه معلومېږي چې:

$Z_1 = 0E + AD \quad : \quad Y_1 = BD - AE$

$z_1 = z.\cos\alpha + y\ .\sin\alpha \quad ; \quad y_1 = y\ .\cos\alpha - z\,.\sin\alpha$

که د Z_1 او y_1 قیمتونه په فورمولونوکې وضع کړو نو لروچې:

$I_{z1} = \int_A y_1^2 dA = \int_A (y\cos\propto - z\sin\propto)^2 dA = \cos^2\propto \int_A y^2\, dA - 2\sin\propto\cdot\cos\propto \int_A z.ydA + \sin^2\propto \int_A z^2 dA = I_z.\cos^2\propto + I_y\sin^2\propto - I_{zy}\cdot \sin2\propto$ $I_{y1} = \int_A Z_1^2 dA = \int_A (y\sin\propto + z\cos\propto)^2\,.dA = \int_A \sin^2\propto \cdot y^2 dA + 2\sin\propto\cdot\cos\propto\cdot \int_A z\cdot ydA + \cos^2\propto \int_A z^2 dA = I_z\cdot\sin^2\propto + I_y\cdot \cos^2\propto + I_{zy}\cdot\sin2\propto$

دپادوولو وړده چې دانرشیایې محوري مومنتهونو دجمع الجبري حاصل مخکې له دوران څخه او وروسته له دوران څخه په خپل منځ کې سره مساوي دی یعنی(1) رابطه ښکاره کوي چې دانرشیا مومنتهونو مجموعه نسبت کومو مستطیلې محورونوته چې دیوې نقطې څخه تېرېږي یوثابت قیمت دې.

$$I_{z1} + I_{y1} = I_z + I_y = I_p \ldots . (1)$$

$$I_{z1} = I_{max} \quad ; \qquad I_{y1} = I_{min}$$

دفرارالمرکز انرشیامومنتهونه نظرz_1 او y_1محورونو ته په لاندې ډول پیداکېږي:

$$I_{y1z1} = \int_A y_1 \cdot z_1 dA = \int_A (y.\cos \propto - z.\sin \propto)(y.\sin \propto + z.\cos \propto)\, dA \Rightarrow$$

$$I_{y1z1} = \sin \propto .\cos \propto \left(\int_A y^2 dA - \int_A Z^2 dA\right) + (\cos^2 \propto - \sin^2 \propto$$

$$) \int_A y.zdA \Rightarrow$$

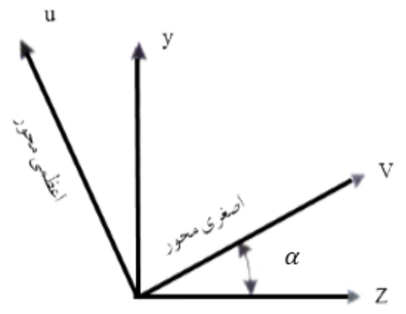
$$I_{y1z1} = \frac{I_z - I_y}{2} \cdot \sin 2 \propto + I_{yz}.\cos 2 \propto$$

له پورتنیو رابطوڅخه څرګندېږي چې څه ډول دمقطع انرشیایې مومنتهونه دیوې کېفي زاویې د دوران په صورت کې بدلون مومي. دانرشیامومنټ قیمتونه نظرد $\propto$ زاویې ته کېدای شي اعظمي او اصغري حدونه ځانته غوره کړي چې پدې حالت کې دا مومنتهونه دعمده انرشیایې مومنتهونو په نوم یادېږي او محورونه یې هم دعمده محورونوپه نوم یادېږي. څرنګه چې دفرارالمرکزانرشیا مومنټ نسبت عمده مرکزي محورونو(هغه محورونه چې دثقل مرکز څخه تېرېږي) له صفر سره مساوي کېږي ،نو دمحورو د دوران زاویه کولای شو په لاندې ډول پیداکړو:

$$\frac{I_z - I_y}{2} \cdot \sin 2 \propto + I_{yz} \cos 2 \propto = 0$$

$$I_{yz} = -\left(\frac{I_z - I_y}{2} \cdot \frac{\sin 2 \propto}{\cos 2 \propto}\right) \Rightarrow \tan 2 \propto = -\left(\frac{2I_{yz}}{I_z - I_y}\right) = \frac{2I_{zy}}{I_y - I_z}$$

که چېرې زاویه مثبت وي،دZ محورد ساعت ستنې په خلاف دوران کوي. که د مومنتهونو تر منځ رابطه $I_y > I_z$ وي نو محورونه او دورانونه دهغې د (29.2)- شکل مطابق باید وي.



29.2– شکل دمحورونودوران نظرزاويې ته

انرشيايې عمده محورونه کولای شو له لاندې رابطې څخه هم په لاس راوړو:

$$I_{\substack{max\\min}} = \frac{I_y + I_z}{2} \pm \frac{1}{2}\sqrt{(I_y - I_z)^2 + 4{I_{yz}}^2}$$

کـه چېـرې زاويـه نسـبت لـومړي حالـت تـه 90^0 دسـاعت دسـتنې پـه مخـالف جهـت (لورى)دوران وکړي د I_{xy} همدا قيمت دمخالفي علامې سره حاصليږى يا لــ ، کـه $I_{xy} = -3{,}96.10^6 mm^4$ وي، نـو مـوړي قيمـت د زاويـې لپـاره چـې 90^0دوران يـې کړيدی معادل دې $I_{zy} = I_{yz}$ سره.

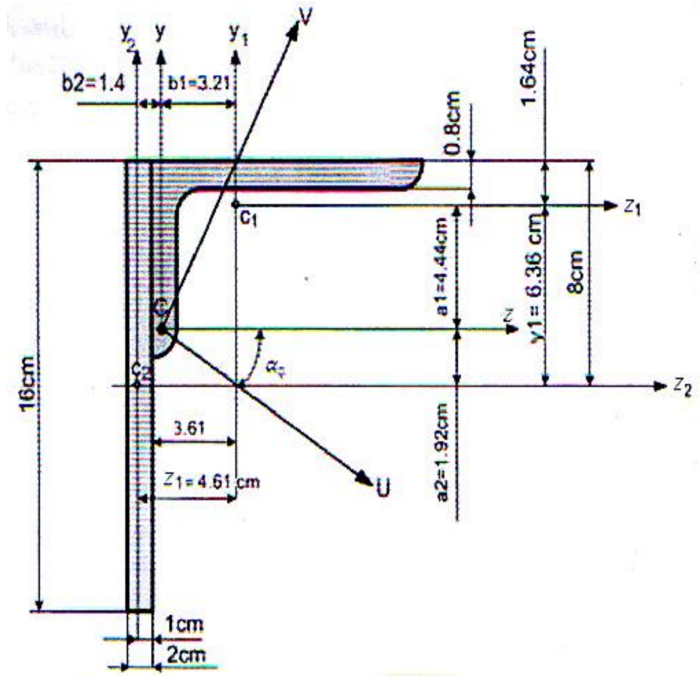
$\tan 2\alpha$قيمت دجدول څخه نظر دانګلارن نمبر تـه اخيسـتل کېـږي اودرابطـې ($I_{zy} =$ $\frac{I_y - I_z}{2}$) څخه $tg2 \propto$ پيدا کېږي.

که $\propto = 90^0$ وي نو $\propto_1 = 90 + \propto$ وي .

زاويا ګانې دانرشيااعظمي او اصغري مومنټونه معلوموي وي [6].

$$\frac{1 - \cos 2 \propto}{2} = \sin 2 \propto \text{ او } \frac{1 + \cos 2 \propto}{2} = \cos^2 \propto$$

15.مثال:لانـدې ترکيبـې مقطع کـې دمسـتطيل cm (16×2) دثقـل مرکز،انرشـيائې عمده مرکزي مومنټ د z_2او y_2 محورونو ته ، اود ترکيبې مقطع[11 نمبر انګلارن او مستطيل] د فرارالمرکز انرشيائې مومنټ پيدأ کړي[2].



30. 2 – شکل

حل: ترکیبي مقطع د راکړل شویو شمېرولو مخې په پورته ډول رسموو، څرنګه چې دسورت بندي له جدول څخه د (11) نمبر نګلارن اندازې (110 × 70 × 8mm) اونور مشخصات را آخلو چې دثقل مرکز اندازې یې $z_1 = 3{,}61\text{cm}$ او $y_1 = 1{,}64\text{cm}$ کې قرار لري او مستطیل دثقل مرکز $z_2 = 1\text{cm}$ او $y_2 = 8\text{cm}$ دې.

$$z_c = \frac{\sum sy}{\sum A} = \frac{sy_1 + sy_2}{A_1 + A_2} = \frac{A_1.z_1 + A_2.z_2}{A_1 + A_2}$$

$$y_c = \frac{\sum sz}{\sum A} = \frac{sz_1 + sz_2}{A_1 + A_2} = \frac{A_1.y_1 + A_2.y_2}{A_1 + A_2}$$

څرنګه چې دمقطع ثقل له مرکزڅخه ، محورونه تېر شي نو دهغې ستاتیکي مومنتونه صفر دي بناً $s_{z2} = 0,\ ;\quad sy_2 = 0$ پس لروچې:

$$z_c = \frac{A_1.z_o}{A_1 + A_2} = \frac{13{,}9 \cdot 4{,}61}{45{,}9} = 1{,}4\text{cm}$$

$y_c = \frac{A_1.y_o}{A_1+A_2} = \frac{13,9\cdot 6,36}{45,9} = 1,92cm$

دجدول د (11) شماري چې انګلارن يې مختليف الضلاع دی لاندې قيمتونه ترې اخيستلاي شو:

$\begin{pmatrix} 110 \text{ x } & 70 \text{ x } & 8 \\ B \text{ x } & b \text{ x } & d \end{pmatrix} cm$

$I_z = 172cm^4 \quad ; \quad I_y = 54,61cm^4 \quad ; \quad A = 13,9cm^2 \ ; \quad y_1 = 1,64cm$

اوس دانرشيا مومنټ نظر موازي محورونوته پيداکوو:

$I_{zc} = I_{z1} + a_1^2 . A_1 + I_{z_2} + a_2^2 . A_2 \quad ; \quad I_{yc} = I_{y_1} + b_1^2 . A_1 + I_{y_2} + b_2^2 . A_2$

a_1 – له مرکزي Zc محورڅخه ترZ_1 محورپورې فاصله ده.a_2 – له مرکزي Zc محورڅخه ترZ_2 محورپورې فاصله ده.

b_1 – له مرکزي y_c محورڅخه ترy_1 محورپورې فاصله ده.b_2 – له مرکزي y_c محورڅخه ترy_2 محورپورې فاصله ده.

دسورت بندې له جدول څخه د (11) نمبر انګلارن لپاره دانرشيامومنټ :

$I_{y_1} = 54,6cm^4$ او $I_{z_1} = 172cm^4$ او $I_{y1\,z1} = 55,9cm^4$ راخلو.

دمستطيل انرشيايې مومنټونه په لاندې ډول پيداکوو:

$I_{z2} = \frac{bh^3}{12} = \frac{2\cdot 16^3}{12} = 682,7cm^4$

$I_{y2} = \frac{b^3h}{12} = \frac{2^3\cdot 16}{12} = 10,7cm^4$

دترکيبې مقطع انرشيايې مومنټونه نظر موازي محورونوته په لاندې ډول پيداکوو.

$I_{zc} = 172 \cdot (4,44)^2 \cdot 13,9 + 682,7 + (1,92)^2 \cdot 32 = 1246cm^4$

$I_{yc} = 54,6 + (3,21)^2 \cdot 13,9 + 10,7 + (1,4)^2 \cdot 32 = 271,24cm^4$

دفرار المرکز انرشيايې مومنټونه يې په لاندې ډول دی:

$I_{yz} = I_{y1.z1} + a_1 . b_1 . A_1 + I_{y_2 z_2} + a_2 . b_2 . A_2$

$I_{yz} = 55,9 + 4,44 \cdot 3,21 \cdot 13,9 + 0 + 1,92 \cdot 1,4 \cdot 32 = 340cm^4$

عمده محورونه چې $\propto$ زاويې په اندازه د z او y څخه دوران کړيدی.

$$\tan 2\alpha = \frac{-2\ .\ I_{yz}}{I_z - I_y} = \frac{-2\cdot 340}{1246-271} = -0,6566$$

$$\arctan(-0,6566) = -16,64^{\circ} = \alpha$$

له پورته قیمتونو $\propto = -16,64^{\circ}$ خو $2\propto = -33,29^{\circ}$ دی .

پس عمده محورونه د($\propto$) په اندازه موقعیت لري اوعبارت دي له :

$$I_u = I_{max} = \frac{I_y + I_z}{2} + \frac{1}{2}\sqrt{(I_z - I_y)^2 + 4\cdot(I_{yz})^2} = 1352,9\text{cm}^4$$

$$I_v = I_{min} = \frac{I_y + I_z}{2} - \frac{1}{2}\sqrt{(I_z - I_y)^2 + 4\cdot(I_{yz})^2} = 164,4\text{cm}^4$$

7. 2 –دانرشیا شعاع (دانرشیاېضوي):

که چېرې ټول مساحت دیوه جسم د Z او y محورونو څخه په یوه فاصله i_z او i_y انتقال اویا ځای پرځای کړو، انرشیامومنټ یې په لاندې ډول پیداکېږي[9].

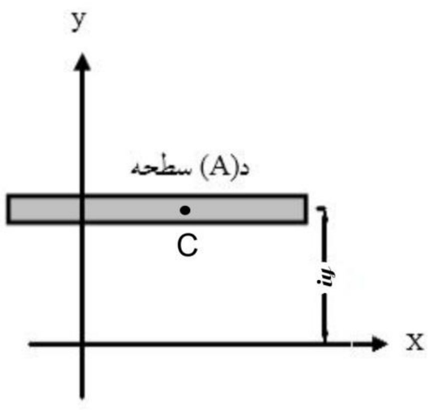
$$I_y = \int_A {i_y}^2\ .\ dA \qquad ; \qquad I_z = \int_A {i_z}^2\ .\ dA$$

(${i_y}^2$ او ${i_Z}^2$) دانرشیا شعاعوې اړونده محورنو ته دی.

پدې ترتیب سره کولي شوچې دانرشیا مومنټ نظر یوه کېفي محورته دهندسي شکل دمساحت اوټوټه خط دمربع په حاصل ضرب سره چې دانرشیا د شعاع په نوم او د دوران شعاع(Radius of gyration) په نوم یادېږي وښیو.

$$i_z = \sqrt{\frac{Iz}{A}}$$

$$i_y = \sqrt{\frac{Iy}{A}}$$



شکل–31.2

دمثال په ډول د یوه مستطیل دانرشیا شعاع په لاندې ډول پیداکیږي:

$$i_z = \sqrt{\frac{I_z}{A}} = \sqrt{\frac{bh^3}{12\,bh}} = \frac{h}{2\cdot\sqrt{3}}\cdot$$

$$i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = \sqrt{\frac{hb^3}{12\,bh}} = \frac{b}{2\cdot\sqrt{3}}$$

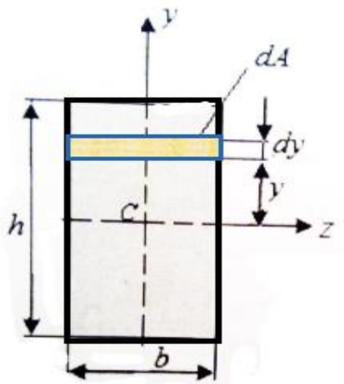
7. 2: دمقاومت مومنټ :

دمقاطعو داساسي مشخصاتو له جملې څخه یو دمقاومت مومنټ دې ، ځکه چې دهغې په کمك کولای شو دګادر دمقاطع نو عیت او اندازې تعین کړو.
دمقاومت مومنټ دانرشیا مومنټ نسبت مرکزي محورته په لویه فاصله له څنډې دمقطع څخه تر اړونده محور له حاصل تقسیم څخه عبارت دي یا:

$$w_z = \frac{I_z}{y_{max}}[m^3\ ,\ cm^3\ \ldots\ldots] \qquad w_y = \frac{I_y}{z_{max}}[m^3\ ,\ cm^3\ \ldots\ldots]$$

دځینو هندسي شکلونو دمقاومت مومنټ په لاندې ډول دی:
اول(۱) :دمستطیل دمقاومت مومنټ :نسبت دZ او y محورونوته:

$$w_z = \frac{I_z}{y_{max}} = \frac{bh^3}{12\cdot\frac{h}{2}} = \frac{bh^2}{6} \qquad ;$$



$$w_y = \frac{I_y}{Z_{max}} = \frac{hb^3}{12\cdot\frac{b}{2}} = \frac{b^2\,h}{6}[m^3\ \ldots]$$

32. 2 – شکل

32.2–شکل

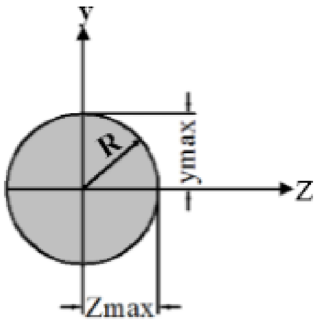
دوهم(۲): د دایرې دمقاومت مومنټ:

نسبت د Z محورته:

$$w_z = \frac{I_z}{y_{max}} = \frac{\pi D^4}{64 \cdot \frac{D}{2}} = \frac{\pi D^3}{32}$$

نسبت د y محورته :

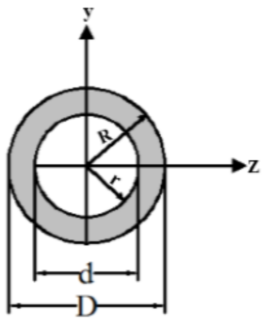
$$w_y = \frac{I_y}{z_{max}} = \frac{\pi D^4}{64 \cdot \frac{D}{2}} = \frac{\pi D^3}{32}$$



33 .2 – شکل

دریم (۳)–دحلقې دمقاومت مومنټ:دحلقې دمقاومت مومنټ د دایرې په شان د z او y محورونو د ($w_z = w_y = \frac{I_y}{\frac{D}{2}} = \frac{\pi(D^4-d^4)}{64 .\frac{D}{2}} = \frac{\pi D^3}{32}(1-c^4)$)سره مساوي دي.

په پورته رابطه کې $c = \frac{d}{D}$ دحلقې داخلي قطر او خارجي قطرترمنځ نسبت څخه عبارت دی.



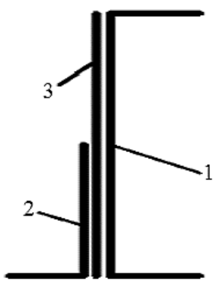
34.2 – شکل د حلقې عرضي مقطع

16.مثال: ترکیبي مقطع چې له مختلف الاضلاع انګلارن ، مساوي پلېټ ډوله مستطیل او اول نمبر انګلارن څخه جوړه شوی(2 .35 –شکل) ده لاندې مشخصات یې پیداکړې[2].

1. دمرکزي محورونو (عمده مرکزي) او دثقل مرکز موقیعت ټاکل.
2. په یوه معلوم مقیاس سره دترکیبې مقطع رسمول.
3. دمحوري انرشیایي مومنټونو اوفرارالمرکز مومټونو پیداکول نظر مرکزي محورونو دترکیبې مقطع ته.
4. دعمده مرکزي انرشیایي محورونو ټاکل او رسمول.
5. دعمده مرکزي انرشیایي مومنټونومحاسبه او دهغي پیداکول.
6. دانرشیا شعاع پیداکول نظر عمده مرکزي محورونو ته او دهغې بېضوي دانرشیا بېضوي رسمول.
7. دپوښتنې د دروستوالي ازمایښت.
8. دترکیبې مقطع د اکسنو متري رسمول.

درکړل شوی لومړنۍ شمېرې:

1. (18)نمبر انګلارن ;
2. مختلف الاضلاع انګلاران $^{9}/_{5,6}$ $(90 \times 56 \times 6)$



3. مستطیلي ورقه (40 x 180)

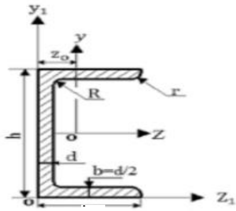
2. 35- شکل

حل:

اول (1)-اړونده شمېرې او دمقاطع اجزاووقیمتونه دسورت بندې له جدول څخه را آخلو او دهغې پلېټ یا ورقې چې ستېندرډ ندي دهغې اړونده شمېرې محاسبه کوو.

الف: د(18) نمبر انګلارن لپاره:

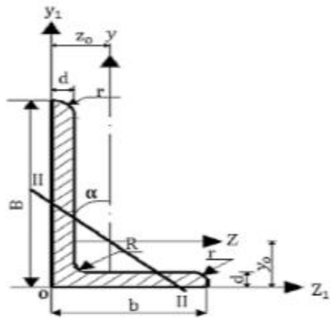
$A = 20{,}7cm^2$; $I_z = 1090cm^4$;
$I_y = 86cm^4$; $h = 18cm$
$z_0 = 1{,}94cm$; $y_{01} = h/2 = 9cm$;
$b = 7{,}0cm$



2. 35الف– شکل

ب: دمختلف الضلاع انګلارن لپاره $(\frac{9}{5{,}6})$:

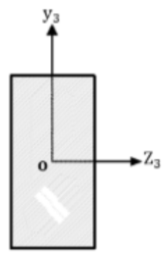
$I_v = I_{max} = 79{,}1cm^4$;
$I_z = 70{,}6cm^4$; $I_y = 21{,}2cm^4$
$A = 8{,}54cm^2$
$t_{g\propto} = 0{,}384$; $I_u = 12{,}2cm^4$
$y_{02} = 2{,}95cm$; $x_{02} = 1{,}28cm$; $\alpha = arctg\, 0{,}384 = 21^0$
$2\propto = 42^0$; $\sin\propto = 0{,}669^{\circ}$



2. 35ب– شکل

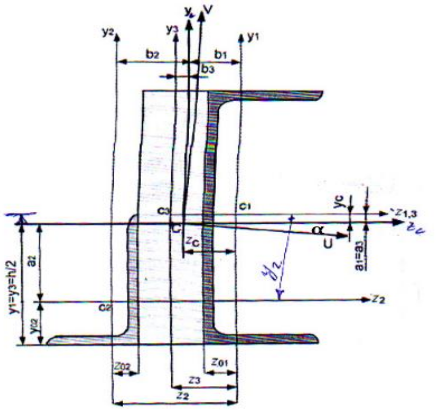
ج:دمستطیل شکله پلیټ(180×40)mmلپاره:

$A = 72\ cm^2$; $I_{y_3} = \frac{hb^3}{12} = 96\ cm^4$; $Z_{o_3} = \frac{y}{2} = 2cm$
$y_{o_3} = \frac{18}{2} = 9cm$; $I_{z_3} = \frac{bh^3}{12} = 1944\ cm^4$



2. 35ج– شکل

دوهم (2):دترکیبي مقطع رسمول:دلومړنیوشمېروپه نظرکې لرلوسره ترکیبي مقطع په لاندې ډول رسموو.



2 . 35د– شکل

دریم (3):دترکیبي مقطع دثقل مرکزپیداکول:

دثقل مرکزدپیداکولولپاره په لاندې ډول اجراات کوو.

a . دترکیبي مقطع دمساحت پیداکول:

دترکیبي مقطع مساحت دتشکیلوونکو عناصرودالجبري جمع له حاصل څخه په لاس راځي.

$$\sum A = A_1 + A_2 + A_3 = 20.7\text{cm}^2 + 8.5\text{cm}^2 + 72\text{cm}^2 = 101.24\text{cm}^2$$

b . دثقل مرکزدپیداکولولپاره لازمه ده چې یوکمکي محورانتخاب شي نودلته کمکي محورد y_1 او z_1 محورونه انتحابوو اودلاندې رابطې په واسطه یې دثقل مرکزپیداکوو.

$$Z_c = \frac{\sum S_y}{\sum A} = \frac{Z_1 \cdot A_1 + Z_2 \cdot A_2 + Z_3 \cdot A_3}{A_1 + A_2 + A_3} \quad ; \quad Y_c = \frac{\sum S_z}{\sum A} = \frac{y_1 \cdot A_1 + y_2 \cdot A_2 + y_3 \cdot A_3}{A_1 + A_2 + A_3}$$

په پورته رابطوکې Z_1 ، Z_2 ، Z_3 او y_1 ، y_2 ، y_3 فاصلې دهرعنصردمقطع له محوره ترانتخاباتي محورونوپورې دي.لکه چې دشکل څخه لیدل کېږي Z_1 او y_1 انتخابي محورونه دی چې دهغې په واسطه دمقطع دثقل مرکزتعین کېږي. بناً ستاتیکي مومنټ نسبت همدې محورونوته مساوي له صفرسره دی پس د Z_1 او y_1 فاصلې چې پخپله یوپربل منطبق دي مساوي له صفرسره دي له هغې ځایه چې د Z_3 محورپه Z_1 محورباندې منطبق دي نو y_3 هم له صفر سره مساوي کېږي.

$$Z_1 = 0$$

$$Z_2 = Z_{O_1} + Z_{O_2} + b = 1.94 + 1.28 + 4 = 7.22\ \text{cm}$$

$Z_3=\frac{b}{2}+Z_{O_1}=2+1.94=3.94\ \mathrm{cm}$

$y_1=0\quad;\quad y_3=0\quad,\quad y_2=\frac{h}{2}-y_{O_2}=9-2.95=6.05\ \mathrm{cm}$

که دوضـیعه کمیاتودمبداڅخـه پـه کینـه اویالانـدې برخـه کـې فاصـله موقعیت ولـري نومنفي شمېرل کېږي.

$Z_C=\frac{0\cdot20.7-7.22\cdot8.54-3.94\cdot72}{20.7+8.54+72}=-3,41\ \mathrm{cm}$

$Y_C=\frac{0\cdot20.7-6,05\ \cdot\ 8.54+0\cdot72}{20.7+8.54+72}=-0.51\ \mathrm{cm}$

څلورم (4):د محوري انرشيايې اوفرارالمرکزمومنتهونوپيداکول:

اول دهریوه عنصرلپاره انرشیایې مومنتهونه نسبت Z_C او Y_C ته پیدا کوو:

$I_{Z_{(1)}}=I_{Z_1}+{a_1}^2\cdot A_1\quad;\quad I_{Z_{(2)}}=I_{Z_2}+{a_2}^2\cdot A_2\ ;\ I_{Z_{(3)}}=I_{Z_3}+{a_3}^2\cdot A_3$

پـه پورتـه رابطـوکې a_1 ، a_2 او a_3 د z_c او zمحورونـو تـرمنځ فاصلې دهریـوه عنصـرپه ترتيب سره دي اوپدې ډول يې پيداکوو.

$a_1=y_c=0.51\ \mathrm{cm}\qquad;\qquad a_2=y_2-y_c=6,05-0,51$
$=5.54\ \mathrm{cm}$

$a_3=y_c=0.51\ \mathrm{cm}$

په ترتیب سره یې انرشیایې مومنتهونه عبارت دې له:

$I_{Z_{(1)}}=1090+(0.51)^2\cdot20.7=1095.4\ \mathrm{cm}^4$

$I_{Z_2}=70.6+(5.54)^2\cdot8.54=332.7\mathrm{cm}^4$

$I_{Z_{(3)}}=1944+(0.51)^2\cdot72=1962.7\mathrm{cm}^4$

$I_Z=I_{Z_{(1)}}+I_{Z_{(2)}}+I_{Z_{(3)}}=3391\mathrm{cm}^4$

د y_1 ، y_2 او y_3 محورونوته دانرشیا مومنتهونه په ترتیب سره پیداکوو:

$I_{y_{(1)}}=I_{y_1}+{b_1}^2\cdot A_1\quad;\quad I_{y_{(2)}}=I_{y_2}+{b_2}^2\cdot A_2\quad;\quad I_{y_{(3)}}=I_{y_3}+{b_3}^2\cdot A_3$

په پورته فورمولونوکې b_1 ، b_2 او b_3 دهرعنصرد y له محور څخه تر y_c پورې فاصلې دې چې په لاندې ډول يې پيداکوو.

$b_1=z_c=3.41\ \mathrm{cm}\ ;\quad b_2=Z_{O_2}+\frac{b}{2}+(Z_3-Z_C)\Rrightarrow$

$b_2 = z_2 - z_c = 7,22 - 3,41 = 3,81cm$

$b_2 = 1.28 + 2 + (3.94 - 3.41) = +3.81\ cm$

$b_3 = Z_3 - Z_C = 3.94 - 3.41 = +0.53\ cm$

$I_{y_{(1)}} = 86 + (3.41)^2 \cdot 20.7 = 326.7\ cm^4$

$I_{y_{(2)}} = 21.2 + (3.81)^2 \cdot 8.54 = 145.16\ cm^4$

$I_{y_{(3)}} = 96 + (0.53)^2 \cdot 72 = 116.2\ cm^4$

$I_y = I_{y_{(1)}} + I_{y_{(2)}} + I_{y_{(3)}} = 588\ cm^4$

پنځم (5): دفرارالمرکزانرشيايې مومنټ پيداکول:

دترکيبـــی مقطــع دفرارالمرکزانرشـــيايې مومنـــټ دپيـــداکولولپاره اول دهريـــوه عنصردفرارالمرکزانرشيايې مومنټ پيداکوو اووروسته يې سره جمع کوو.

$I_{yz} = I_{yz_{(1)}} + I_{yz_{(2)}} + I_{yz_{(3)}}$

دهرعنصردفرارالمرکزانرشيايې مومنټ yاوZمحورونوته پيداکوو.

$I_{yz_{(1)}} = I_{y_1z_1} + a_1b_1A_1 \quad ; I_{yz_{(2)}} = I_{y_2z_2} + a_2b_2A_2 \; ; I_{yz_{(3)}} = I_{y_3z_3} + a_3b_3A_3$

په يادبايد ولروچې دهغومقطعويا عناصروچې ددوويا يوه متناظرمحورنو لرونکې وی دفرارالمرکزانرشيايې مومنټ يې مساوي له صفرسره دی.

$Z = -Z + Z = 0 \quad ; \quad y = -y + y = 0$

ديوې خوا يا ([ )ډوله انګلارن لپاره دفرارالمرکزانرشيايې مومنټ $I_{y_1z_1} = 0$ دی اومستطيلي پليټ لپاره هم$I_{y_3z_3} = 0$ دی،يواځې دمختلف النوع زاويوي انګلارن لپاره له لاندې رابطې څخه کار اخلو.

$I_{y_2z_2} = \frac{I_{max} - I_{min}}{2} \cdot \sin 2\alpha = \frac{I_V - I_U}{2} \cdot \cos 2\alpha = \frac{79.1 - 12.2}{2} \cdot 0.669 = 48.83 \approx 49cm^4$

په همدې ډول:

$I_{yz_{(1)}} = I_{y_1z_1} + a_1b_1A_1 = 0 + (0.51)(3.14)(20.7) \approx 36cm^4$

$I_{yz_{(2)}} = I_{y_2z_2} + a_2b_2A_2 = 49 + (-5.54)(-3.81)(8.54) \approx 230cm^4$

$I_{yz_{(3)}} = I_{y_3z_3} + a_3b_3A_3 = 0 + (0.51)(-0.53)(72) \approx -19.46\ cm^4$

$I_{yz} = I_{yz_{(1)}} + I_{yz_{(2)}} + I_{yz_{(3)}} = 246.54 \approx 247\ cm^4$

شپږم(6):دعمده مرکزي محورونوټاکل:

$I_{max} = \frac{I_Z+I_Y}{2} + \frac{1}{2} \cdot \sqrt{(I_Z - I_Y)^2 + 4(I_{YZ})^2}$

$\Rightarrow I_{max} = \frac{3391+588}{2} + \frac{1}{2}\sqrt{(3391 - 588)^2 + (247)^2} = 3412.5\ cm^4$

$I_{min} = \frac{I_Z+I_Y}{2} - \frac{1}{2} \cdot \sqrt{(I_Z - I_Y)^2 + 4(I_{YZ})^2}$

$I_{min} = \frac{3391+588}{2} - \frac{1}{2}\sqrt{(3391 - 588)^2 + (247)^2} = 566.5\ cm^4$

څرنګه چې $I_Z > I_Y$ څخه دی نو $I_u > I_V$ کیږي.

$I_u = I_{max} = 3412.5\ cm^4 \quad ; \quad I_v = I_{min} = 566.5\ cm^4$

اووم (7):دانرشیاشعاع پیداکول:

دانرشیاشعاع نظرمرکزي محورونوته په لاندې ډول موندل کیږي.

$i_z = \sqrt{\frac{I_u}{A}} = 5.8\ cm \quad ; \quad i_y = \sqrt{\frac{I_v}{A}} = 2.36\ cm$

دپورته شمیروپه اساس دبیضوي انرشیا د uاو vپه محورونورسمو.

اتم (8)–دپوښتنې ددروستوالي ازمایښت:

دپوښتنې دسموالي لپاره باید لاندې رابطه صدق وکړي.

$I_Z + I_Y = I_u + I_V \Rightarrow 3391 + 588 = 3412.5 + 566.5 \Rightarrow 3979cm^4 = 3979cm^4$

پس دپوښتنې ځواب سم دی.

له بلې خوادفرارالمرکزانرشیایې مومنټ باید عمده محورونود uاو v ته مساوي له صفرسره وي.

$I_{uv} = \frac{I_Z-I_Y}{2} \cdot \sin 2\alpha + I_{YZ} \cdot \cos 2\alpha = \frac{3391-588}{2}(-0.175) + 247 \cdot 0.984 \approx 0$

$\tan 2\alpha = \frac{-2I_{YZ}}{I_Z-I_Y} = -\frac{2\cdot 247}{3391-588} = -\frac{0.17623974}{2} = -0.0881198$

دزاویې دپیداکولولپاره لرو چې:

$\alpha = arc\ tg(0.0881198) = -5.03589 \Rightarrow 2\alpha = -(10.072)^\circ$

$\sin(10.072)^{o} = -0.175 \quad ; \quad \cos 2\alpha = \cos(10.072)^{o} = +0.984$

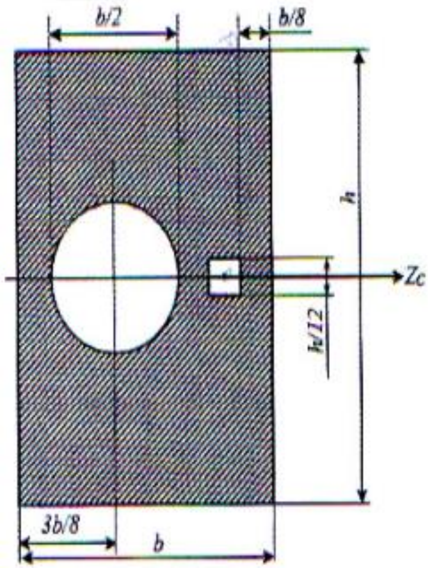
ددې لپاره چې ترکيبې مقطع ښه تصورکړی شوښه بـه وي چـې ايزومتـري يـې رسـم کـړو لکه لاندې شکل کې:



2 . 35 و– شکل
: دترکيبې مقطع ايزومتري

17. مثال:يوه ترکيبې مقطع چې يودتناظر افقي محورلري د(2 .36)–شکل مطابق يي لاندې مشخصات پيداکړی[2].

1. دترکيبې عرضي مقطع رسمول په يوه مقياس سره اود تناظرافقي محورښودل.
2. دترکيبې مقطع وېش په ساده مقاطعو(مستطيل،مثلث،مربع،دايره،دداېرې قوس) دمحاسبې اونمونې لپاره.



3. دهريـوه عنصـردترکيبې مقطـع دz اوy دمحوررونورسمول اودهغـې دمسـاحت(A)، I_Z اوI_Y پيداکول.
4. دمرستندويه محوررونوانتخاب چې دمقطع ټول عناصر دکورد ېناتو په مثبته حجره کې ځاي ونيسي اودمرستندويه انتخابې محوررونو اودثقل مرکزدهرعنصر ترمنځ دفاصلومحاسبه اوټاکنه.
5. دترکيبې مقطع دهرعنصرلپاره دستاتيکې مومنټونومحاسبه نسبت انتخابې محوررونو ته.
6. دمرکزي عمده محوررونود Z_O او y_O ټاکل

اودهغې محورونوټاکل چې دثقل مرکزZ_C اوy_C څخه تېرېږي اودهغې داندازوټاکل چې دهرعنصردثقل له مرکزاوعمده مرکزي محور(y_C) ترمنځ قرارلري.

7. دانرشیامومنټونو I_{X_O}، I_{Y_O} پیداکول.

8. دمقاومـت مومنټونـوW_Z اوW_Y پیـداکول اودمقطـع دمقـاوت مومنـټ داصـغري مقدارپیداکول اومحاسبه .

9)دشمېرنې اومحاسبې پایله.

لاندې ترکیبې مقطع له مستطیل،مربع اودایرې څخه جوړه شویده.

2 .36 –شکل

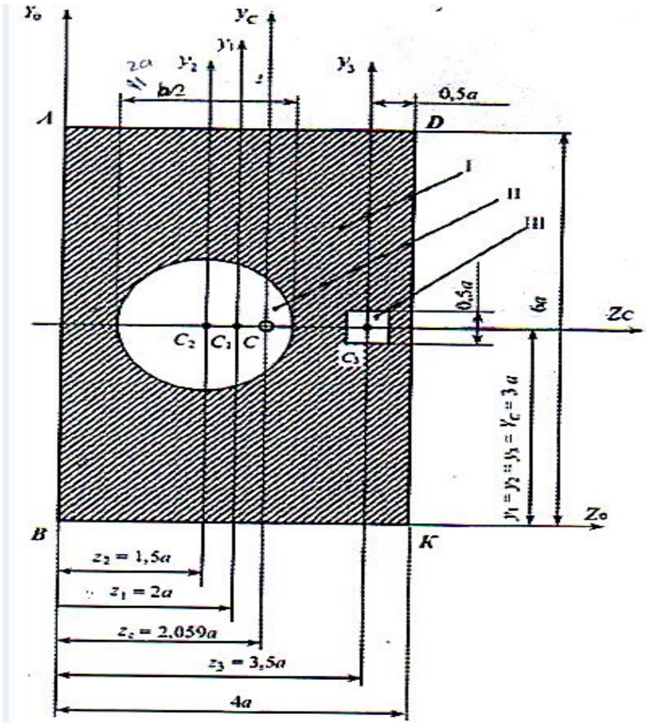
$$h = K_2 \cdot a \quad , \quad b = K_1 \cdot a \quad , \quad K_1 = 4 \quad , \quad K_2 = 6$$

حل:

اول (1): راکړل شوي مقطع په مقیاس رسم کوو،وروسته له شمېرنې محورونه په کې ټاکوو.

دوهم (2):ترکیبې مقطع په ساده مقاطعوباندې جداکوو اودتناظرمحورېې ټاکو. لیدل کېږي چې دتناظرافقي محورZ_C دی اودهمدې محورانرشیایي عمده محورهم دی.

دریـم (3):دهریـوه عنصـرلپاره عمـده محورونـه نوموو،لکـه چـې لیـدل کېـږي Z_C محوردټولوعناصرولپاره په یوه وخت کې عمده محورهم دی اوبیا دy محورونه ورته ټاکو(2 .37)– شکل وګورئ .



شکل– 37. 2

دترکیبي مقطع دهریوه عنصرمساحتونه په لاندي ډول ټاکو.

$$A_1 = b \cdot h = 4a \cdot 6a = 24a^2$$
$$A_2 = \frac{\pi d^2}{4} = \pi \cdot a^2 = 3.14a^2$$
$$A_3 = 0.5a \cdot 0.5a = 0.25a^2$$

دترکیبي مقطع دهرعنصرلپاره انرشیایي مومنټونه پیداکوو

$$I^{I}{}_{y_1} = \frac{h \cdot b^3}{12} = \frac{6a(4a)^3}{12} = 32a^4$$
$$I^{II}{}_{y_2} = \frac{\pi \cdot d^4}{64} = \frac{\pi(2a)^4}{64} = 0.785a^4$$
$$I^{III}{}_{y_3} = \frac{0.5a^2 \cdot 0.5a^2}{12} = 0.005a^4$$

څلورم (4):مرستندویه محورونه Z_O ، Y_O ټاکو.له (2 .37)- شکل څخه لیدل کېږي چې دترکیبي مقطع په څنډو(AB اوBK) کې پراته دي نوټول عنصردکورد ښناتوپه مثبته ناحیه کې واقع دي.

پنځم (5):د y_O محورفاصلي نسبت Z_i (اودهرعنصردثقل له مرکزڅخه فاصله) دهرعنصرلپاره په لاندې ډول ده.

$$Z_1 = \frac{b}{2} = \frac{4a}{2} = 2a \quad , \quad Z_2 = \frac{3b}{8} = \frac{3 \cdot 4a}{8} = 1.5a \quad ; \quad Z_3 = b - \frac{b}{8} = \frac{7b}{8} = \frac{7 \cdot 4a}{8} = 3.5a$$

شپږم (6)د y_O محور ته یې ستاتیکي مومنټونه پیدا کوو:

$$S_{y1} = A_1 \cdot Z_1 = 24a^2 \cdot 2a = 48a^3$$
$$S_{y2} = A_2 \cdot Z_2 = 3.14a^2 \cdot 1.5a = 4.71a^3$$
$$S_{y3} = A_3 \cdot Z_3 = 0.25a^2 \cdot 3.5a = 0.8751a^3$$
$$Z_C = \frac{S_{y1} - S_{y2} - S_{y3}}{A_1 - A_2 - A_3} = \frac{48a^3 - 4.71a^3 - 0.875a^3}{24a^2 - 3.14a^2 - 0.25a^2} = 2.059a$$

د Z_C په محوربانـدي y_C محوررسموواویا دعمده مرکزي محوراودهرعنصرترمنځ فاصلې پیدأ کوو.

$$Z_{1C} = Z_C - Z_1 = 2.059a - 2a = 0.59a$$
$$Z_{2C} = Z_C - Z_2 = 2.059a - 1.5a = 0.559a$$
$$Z_{3C} = Z_3 - Z_C = 3.5a - 2.059a = 1.441a$$

اووم (7):دترکیبي مقطع عمده انرشیایي مومنټونه پیدأ کوو دهرعنصردعمده انرشیایي مومنټ محاسبه وروسته دهغې الجبري جمع په لاندې ډول پیداکوو.

$$I^i{}_{Y_C} = I^i{}_{Y_i} + A_i \cdot (Z_{iC})^2$$
$$I^1{}_{Y_C} = I^1{}_{Y_1} + A_1 \cdot (Z_{1C})^2 = 32a^4 + 24a^2(0.59a)^2 = 32.084a^4$$
$$I^2{}_{Y_C} = I^2{}_{Y_2} + A_2 \cdot (Z_{2C})^2 = 0.785a^4 + 31.4a^2(0.559a)^2 = 1.765a^4$$
$$I^3{}_{Y_C} = I^3{}_{Y_3} + A_3 \cdot (Z_{3C})^2 = 0.005a^4 + 0.25a^2(1.441a)^2 = 0.524a^4$$
$$I_{Y_C} = I^1{}_{Y_C} - I^2{}_{Y_C} - I^3{}_{Y_C} = 32.084a^4 - 1.767a^4 - 0.524a^4 = 29.793a^4$$

دترکیبي مقطع عمده انرشیایي مومنټ I_{Z_C} محاسبه،دهرعنصردمرکزي عمده انرشیایي مومنټ($I^i{}_{Z_C}$) محاسبه اووروسته دهغې دجمع کولو څخه په لاندې ډول پیداکوو له هغې ځایه چې دثقل مرکز دهرعنصرد Z_C په محوربانـدې قرارلري

دهرعنصرلپاره Y_{iC} فاصله نشته پس دمحاسبوي فورمول کې اسانتيا رامنځ تـه کيږي اولاندې شکل ځان ته غوره کوي .

$$I_{Z_C} = I^1{}_{Z_C} - I^2{}_{Z_C} - I^3{}_{Z_C}$$

$$I^1{}_{Z_C} = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{4a(6a)^3}{12} = 72a^4$$

$$I^2{}_{Z_C} = \frac{\pi \cdot d^4}{64} = \frac{\pi(2a)^4}{64} = 0.785a^4$$

$$I^3{}_{Z_C} = \frac{\cdot a^4}{12} = \frac{0.5 \cdot a^2 0.5 \cdot a^2}{12} = 0.005a^4$$

$$I_{Z_C} = 72a^4 - 0.785a^4 - 0.005a^4 = 71.21a^4$$

اتم (8)دمقاومت مومنټ W_Z ا W_Y داصغري مقدارمحاسبه کوو.

د y_C محورته دمقاومت مومنټ پيداکوو:

دمقاومت مومنټ ډيرکوچنی مقدار د ABخط په محيطي نقطوکې دی په هره اندازه چې ثقل مرکزته نږدې کيږي دهغې مقدارزياتيږي چې په دې صورت کې يې دمقاومت مومنټ له لاندې رابطې څخه لاس ته راوړو.

$$W_{y_C} = \frac{I_{y_C}}{Z_{y_C}} = \frac{29.793a^4}{2.059a} = 14.47a^3$$

دمقاومت مومنټ نسبت Z_C محور ته:

د AD اوBK خطونه د Z_C له محور څخه په يوه فاصله کې قرارلري نو:

$$y_{Z_C} = \frac{h}{2} = 3a \quad , \quad W_{Z_C} = \frac{I_{Z_C}}{Y_{Z_C}} = \frac{71.21a^4}{3a} = 23.737a^3$$

پايله: له شميرنې معلوميږي چې دمقاومت مومنټ ډيرکم مقدار د AB خط دڅنډوپه ټولونقطوکې موقعيت لري.

لومړي(۱)نمبر کورنې دنده

لاندينې ترکيبې مقطعې چې لـه انګلارنو، او پليټ ډولـه مستطيلونو څخه جوړه شويدی تاسې يې لاندنې مشخصات ي پيداکړي[2].

1.دمرکزي محورونو (عمده مرکزي) او دثقل مرکز موقعيت ټاکل.

2.په يوه معلوم مقياس سره دترکيبې مقطع رسمول.

3.دمحوري انرشيايې مومنټونو اوفرارالمرکز مومنټونـو پيداکول نظر دترکيبې مقطع مرکزي محورونو ته.

4.دعمده مرکزي انرشيايې محورونو ټاکل او رسمول.

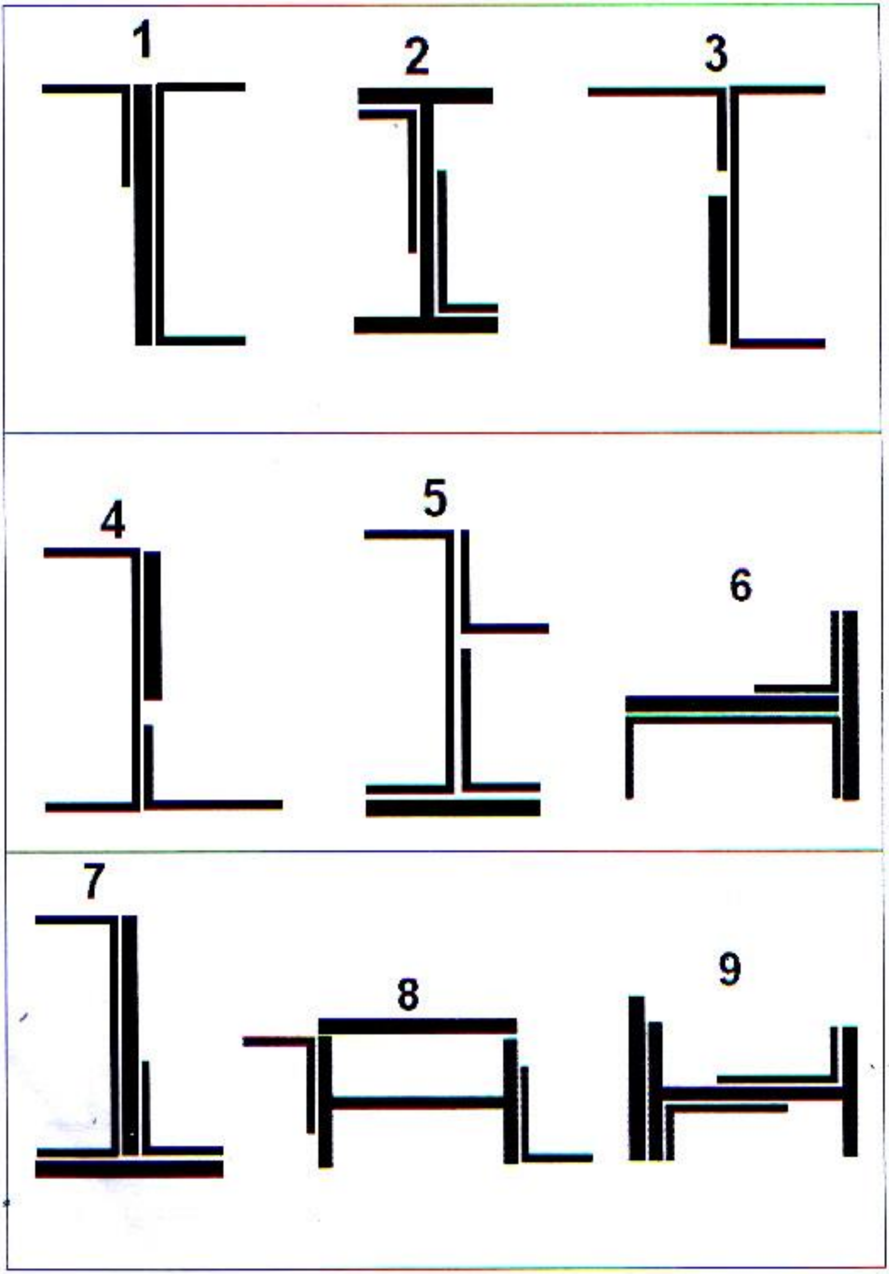
5.دعمده مرکزي انرشیایي مومنتپونومحاسبه او دهغې پیداکول.
6.دانرشیا شعاع پیداکول او محاسبه کول نظر عمده مرکزي محورونو ته او دهغې دانرشیا بیضوي رسموول.
7.دپوښتنې د دروستوالي ازماینښت.
8.دترکیبي مقطع د اکسنو متري رسموول.

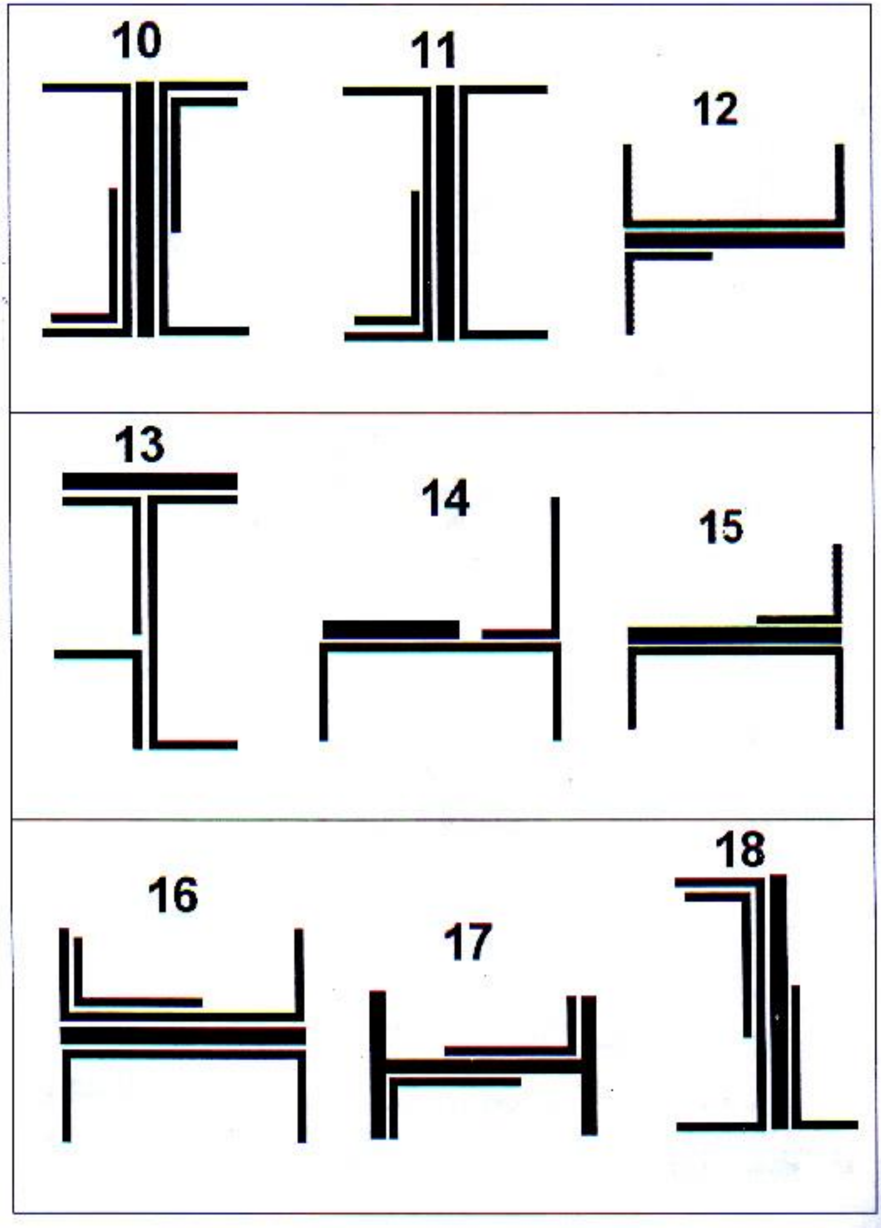
دترکیبي هندسي مقاطعو دمحاسباتو دترسره کولو لپاره لومړني ارقام

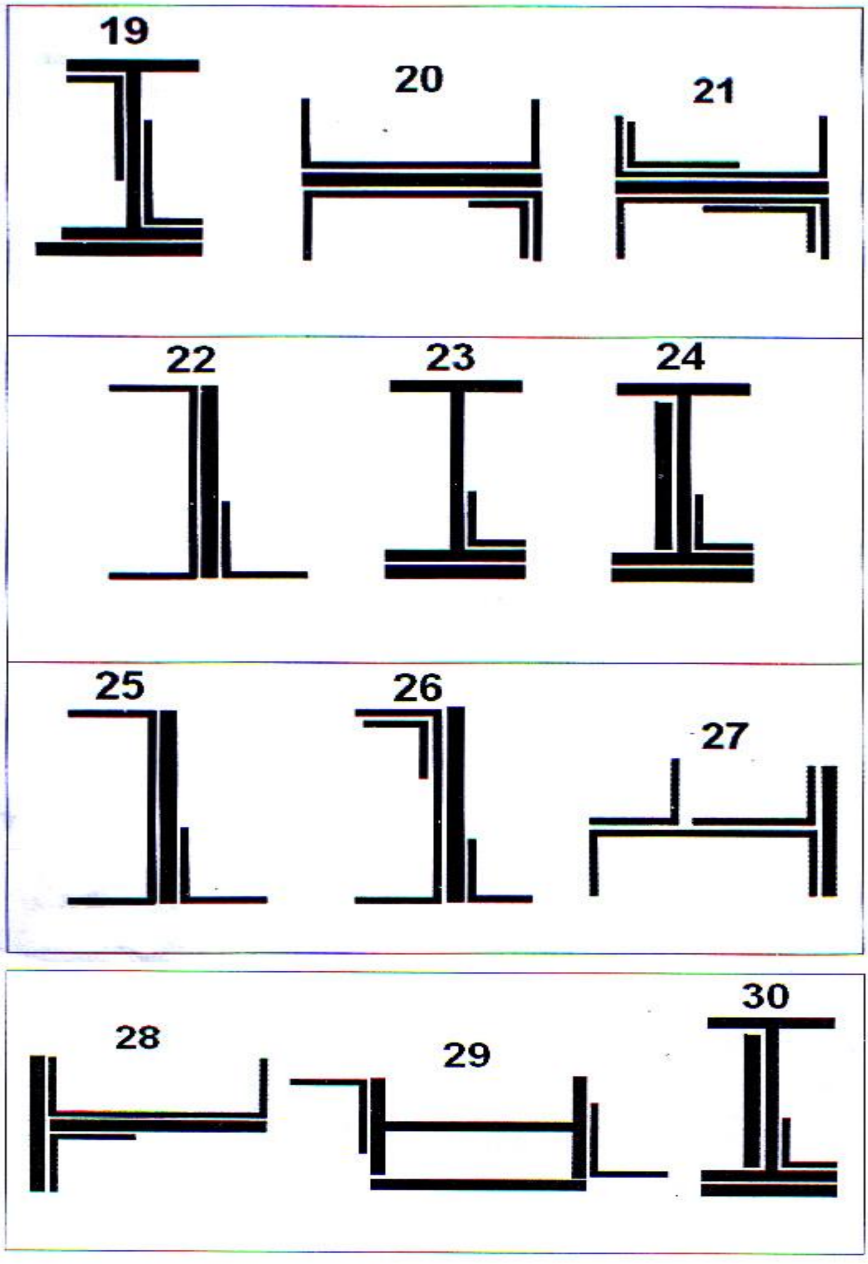
واریانټ ګڼه	یورخه (یومخې)انګلارن 	(I)ډوله انګلارن 	مختلف الاضلاع انګلارن 	متساوی الساقین انګلارن 	مستطیلي پلیټ 
1	2	3	4	5	6
1	18	–	–	5.6	180 x 20
2	–	20	7,5/5	–	–
3	20	–	6,5/4	–	100 x 20
4	22	–	5,6/3,6	–	110 x 30
5	24	–	8/5	7	140 x 25
6	24	–	–	7	240x20 160x20
7	24	–	–	7	24240x20 160x20
8	–	18	–	5.6	180 x 20
9	–	22	8/5	–	120 x 20
10	27	–	9/5.6	–	270 x 30
11	30	–	8/5	–	300 x 40
12	18	–	–	5.6	180 x 20
13	22	–	5/3.2	5	132 x 20
14	27	–	8/5	–	150 x 20
15	18	–	–	5.6	180 x 20
16	22	–	5.6/3.6	–	220 x 30
17	–	22	8/5	–	–
18	27	–	9/5.6	–	270 x 30
19	–	22	8/5	–	120 x 20
20	24	–	–	5.6	240 x 30
21	27	–	9/5.6	–	270 x 30
22	18	–	–	5.6	180 x 20
23	–	20	–	4.5	100 x 20
24	–	22a	–	4.5	120 x 20
25	18	–	–	5.6	180 x 20

200 x 20	7.5	–	–	20	26
140 x 20	4.5	6.3/4	–	24	27
158 x 20	5.6	–	–	22	28
180 x 20	4.5	–	18	–	29
110 x 20 150x 20	4.5	–	20a	–	30

نوټ : دې کورنۍ دندې داجرأ لپاره جدولونه دعمومې کتاب په اخيري برخه کې کتلی شي.


1
2
3
4
5
6
7
8
9


10
11
12
13
14
15
16
17
18


19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30

دوهم(۲)نمبر کورني دنده

لاندېنې ترکیبي مقاطع چې یو دتناظرافقي محورلري تاسي یې اندازې اومشخصات پیداکړی[2].

1. دترکیبي عرضي مقطع رسمول په یوه مقیاس سره اود تناظرافقي محوربنودل.

2. دترکیبي مقطع وېش په ساده مقاطعو(مستطیل،مثلث،مربع،دایره،ددایرې قوس) محاسبې لپاره.

3. دهریوه عنصردترکیبي مقطع دz اوy دمحورونورسمول اودهغې دمساحت(A)، I_Z اوI_Y پیداکول.

4. دمرستوندویه محورونوانتحاب چې دمقطع ټول عناصر دکورد ېناتو په مثبته حجره کې ځای ونیسي اودمرستوندویه انتخابي محورونو اودثقل مرکزدهرعنصر ترمنځ دفاصلومحاسبه اوټاکنه.

5. دترکیبي مقطع دهرعنصرلپاره دستاتیکي مومنټونومحاسبه نسبت انتحابي محورونو ته.

6. دمرکزي عمده محورونود Z_O اوy_O ټاکل اودهغې محورونوټاکل چې دثقل مرکزZ_C اوy_C څخه تېرېږي اودهغې داندازوټاکل چې دهرعنصردثقل له مرکزاوعمده مرکزي محور(y_C) ترمنځ قرارلري.

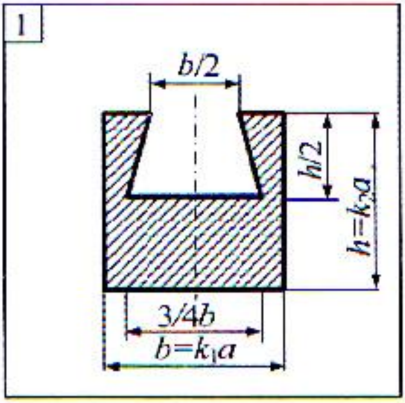
7. دانرشیامومنټونو I_{Y_O}، I_{X_O} پیداکول.

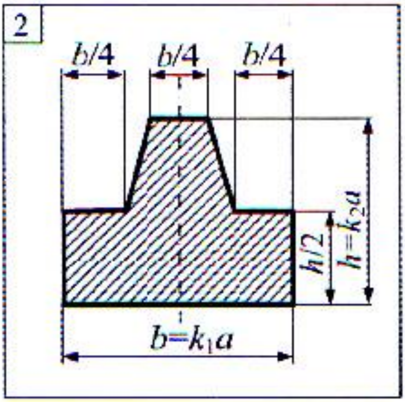
8. دمقاومت مومنټونوW_Z اوW_Y پیداکول اودمقطع دمقاوت مومنټ داصغري مقدارپیداکول اومحاسبه.

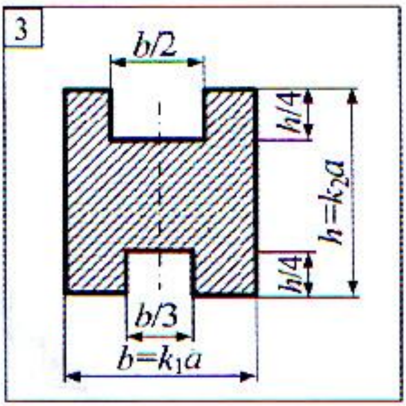
9)دشمېرنې اومحاسبې پایله.

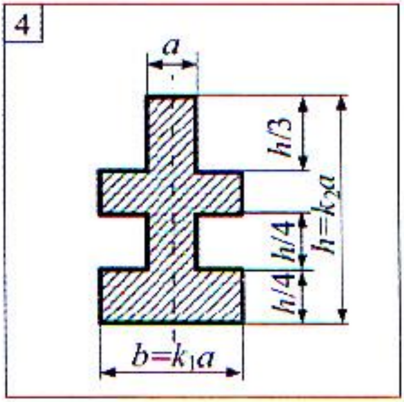
دمحاسبې داجرأ لپاره د(K_1)او (K_2)قیمتونه

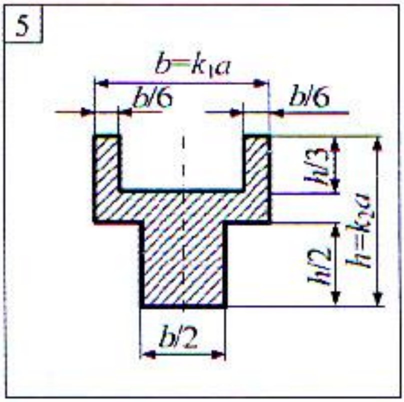
درسم گڼه	K_1	K_2	درسم گڼه	K_1	K_2
1	3	6	16	3	3
2	4	5	17	4	6
3	3	3	18	6	8
4	4	6	19	4	8
5	6	8	20	3	6
6	4	8	21	4	6
7	3	5	22	6	8
8	6	4	23	4	8
9	4	7	24	3	5
10	3	4	25	3	3
11	3	4	26	4	6
12	6	4	27	6	8
13	4	7	28	4	8
14	6	8	29	3	5
15	4	8	30	4	4

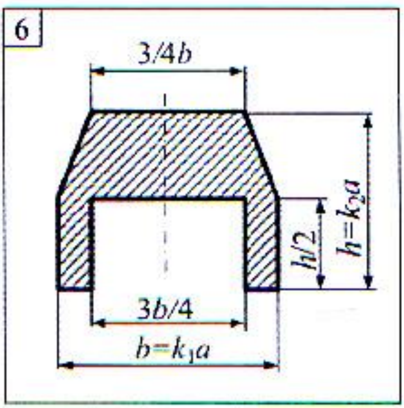

1
b/2
h/2
h=k₂a
3/4b
b=k₁a

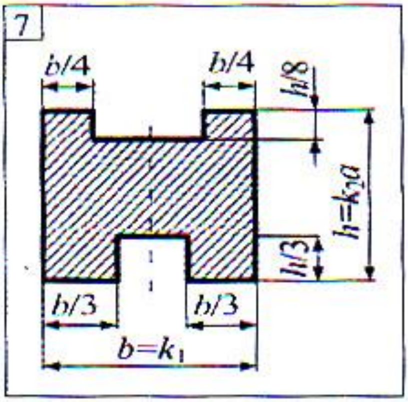

2
b/4
b/4
b/4
h/2
h=k₂a
b=k₁a

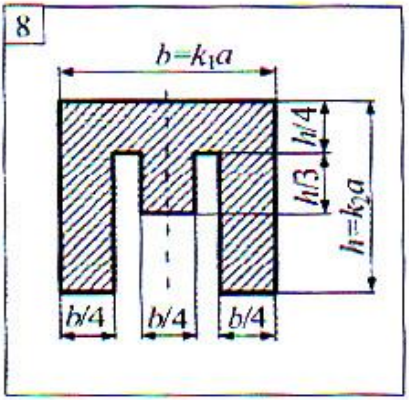

3
b/2
h/4
h=k₂a
h/4
b/3
b=k₁a

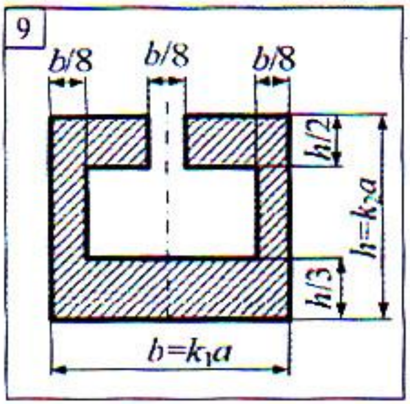

4
a
h/3
h/4
h/4
h=k₂a
b=k₁a

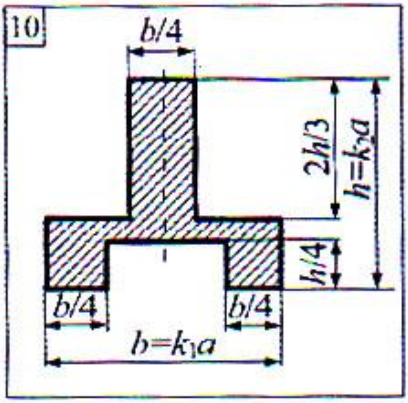

5
b=k₁a
b/6
b/6
h/3
h/2
h=k₂a
b/2

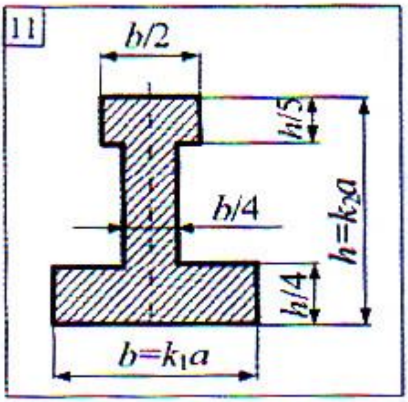

6
3/4b
h/2
h=k₂a
3b/4
b=k₁a

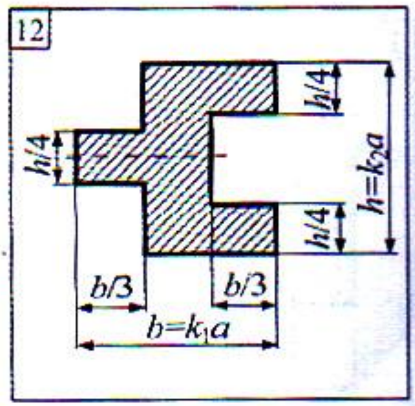

7
b/4
b/4
h/8
$h=k_1a$
h/3
b/3
b/3
$b=k_1$

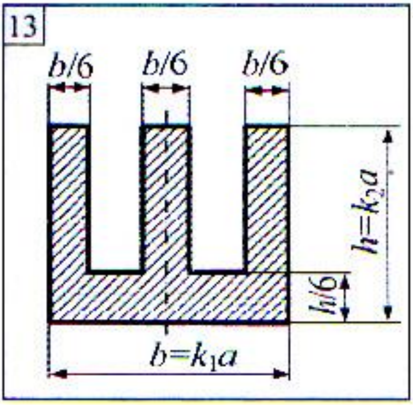

8
$b=k_1a$
h/4
h/3
$h=k_2a$
b/4
b/4
b/4

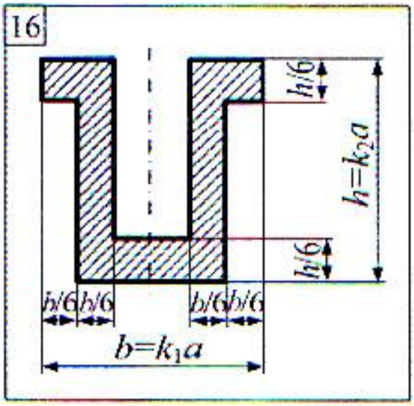

9
b/8
b/8
b/8
h/2
$h=k_2a$
h/3
$b=k_1a$

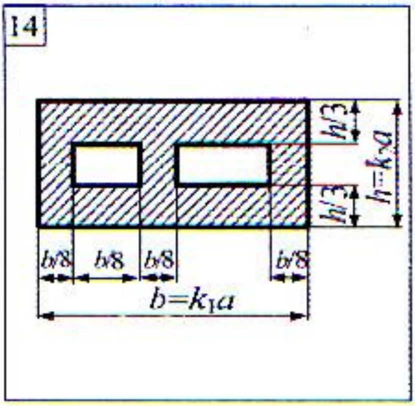

10
b/4
2h/3
$h=k_2a$
h/4
b/4
b/4
$b=k_1a$

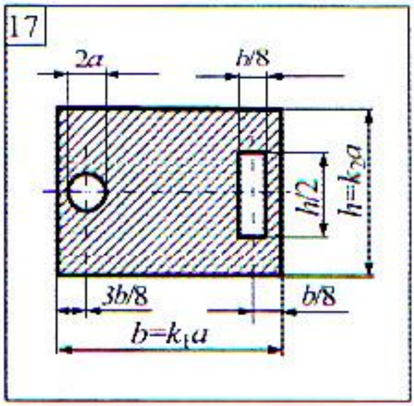

11
b/2
h/5
b/4
$h=k_2a$
h/4
$b=k_1a$

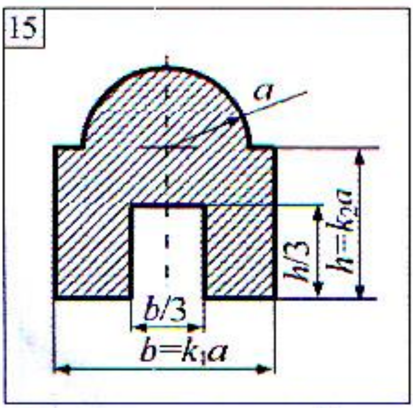

12
h/4
h/4
$h=k_2a$
h/4
b/3
b/3
$b=k_1a$

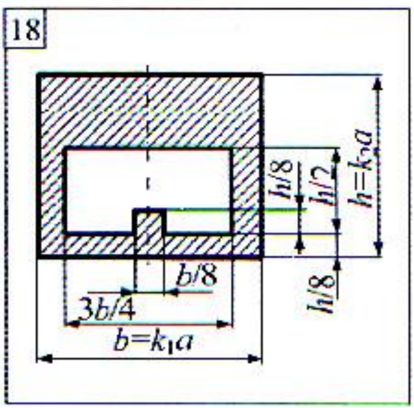

13
b/6
b/6
b/6
h=k₂a
h/6
b=k₁a

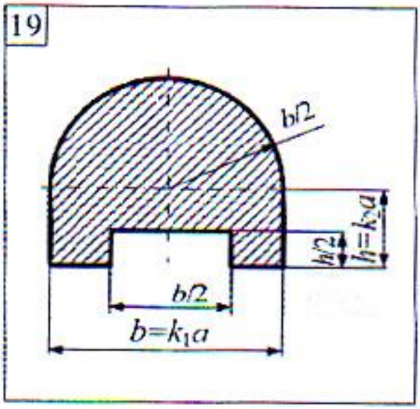

16
h/6
h=k₂a
h/6
b/6 b/6
b/6 b/6
b=k₁a

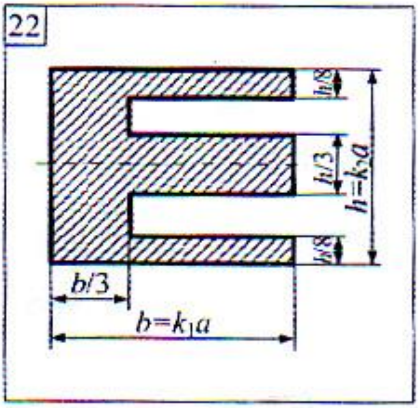

14
h/3
h=k₂a
h/3
b/8
b/8
b/8
b/8
b=k₁a

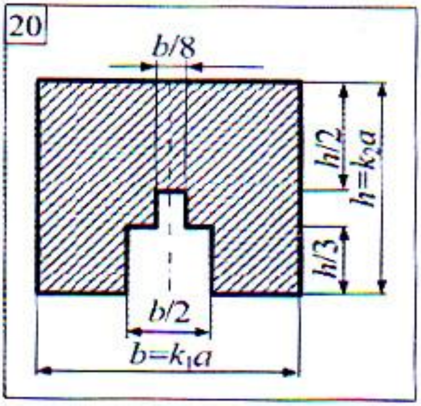

17
2a
h/8
h/2
h=k₂a
3b/8
b/8
b=k₁a

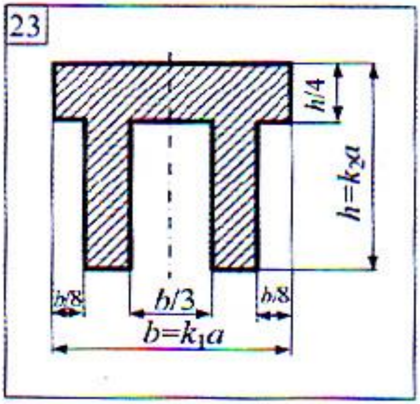

15
a
h/3
h=k₂a
b/3
b=k₁a

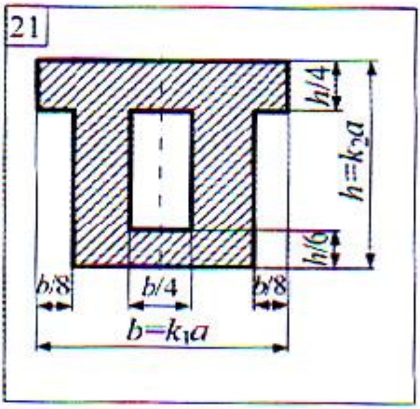

18
h/8
h/2
h=k₂a
b/8
h/8
3b/4
b=k₁a

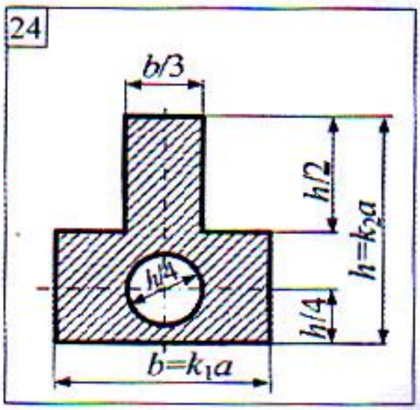

19
b/2
h/2
h=k2a
b/2
b=k1a

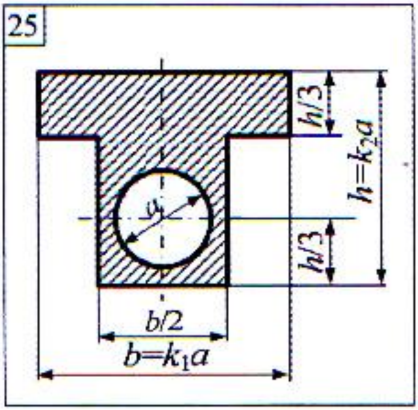

22
h/8
h/3
h/8
h=k2a
b/3
b=k1a

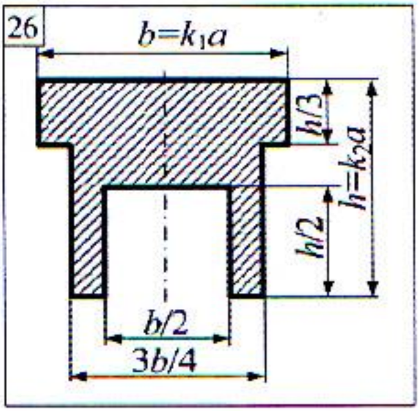

20
b/8
h/2
h=k2a
h/3
b/2
b=k1a

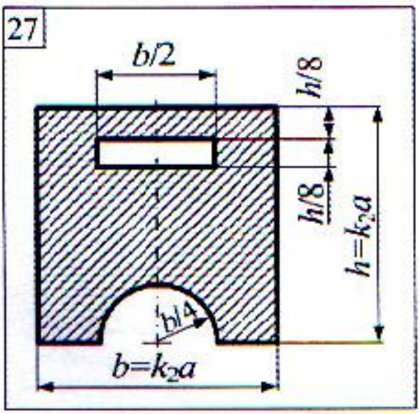

23
h/4
h=k2a
b/8
b/3
b/8
b=k1a

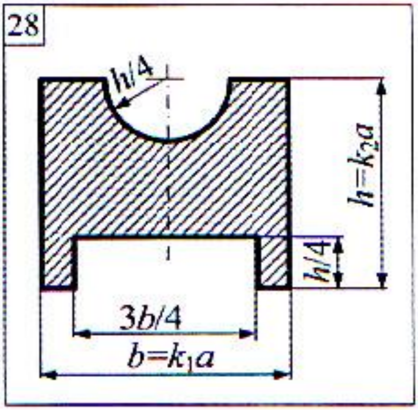

21
h/4
h=k2a
h/6
b/8
b/4
b/8
b=k1a

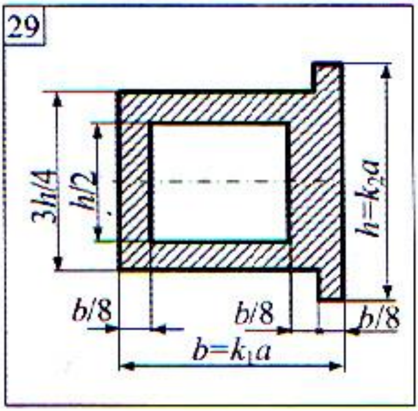

24
b/3
h/2
h=k2a
h/4
h/4
b=k1a

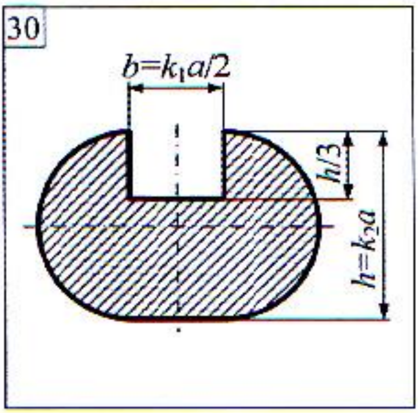

25
h/3
h=k₂a
a
h/3
b/2
b=k₁a


26
b=k₁a
h/3
h=k₂a
h/2
b/2
3b/4


27
b/2
h/8
h/8
h=k₂a
h/4
b=k₂a


28
h/4
h=k₂a
h/4
3b/4
b=k₁a


29
3h/4
h/2
h=k₂a
b/8
b/8
b/8
b=k₁a

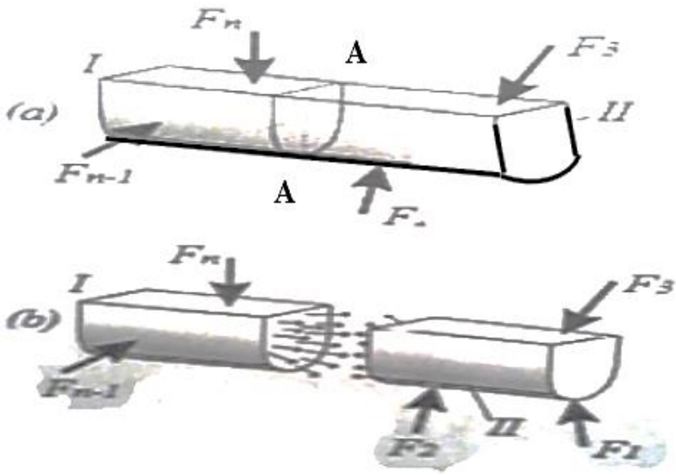

30
b=k₁a/2
h/3
h=k₂a

دريم څپرکی

کشش اوفشار(Tension and Compression)

1.3- داخلي قواوې اودمقطع ميتود(Internal Forces and Section Method):

دجسمونودذراتواواتومونوپه منځ کې قواوې موجودې دې چې دهرډول ځای د بدلون مانع ګرځي اوجسمونه په ثابت اومعلوم ډول ساتي چې همداقواوې دداخلي قواووپه نامه سره يادېږي.مونږپوهېږوچې بهرنی قواوې په جسم باندې عمل کوي هروخت ددې په لټه کې دې چې دجسم جوړښت اوذراتوموقعيت ويجاړکړي اوپه جسم کې دشکل بدلون رامنځ ته کړي.دموادومقاومت دمسايلوپه محاسبه کې دداخلي قواوومقدارچې دخارجي قواووله اغېزې رامنځ ته کېږي په اخرين تحليل کې دجسم دشکل دبدلون سبب ګرځي چې دجسم دا بدلون ترڅېړنې لاندې نيسو او دهمدې موخې لپاره د قطع له طريقې ګټه پورته کوو[2],[8] ، [10]

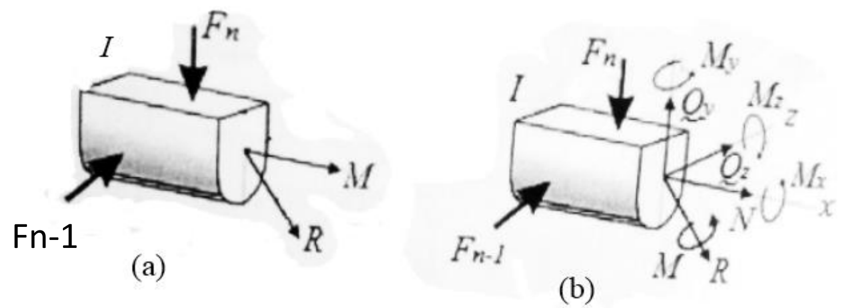


3 . 1- شکل: دقووله اغېزې دجسم کيفي غوڅه

دمثال په ډول که یوجسم چې د F_1 , F_2 , F_3 , F_{n-1} او F_n دقووتراغېزې لاندې راغلي وي(3. 1-شکل) د(A-A) مستوي په واسطه چې له امتدادي محور څخه په عمودې ډول تېرېږي په خیالي ډول یې په دووبرخوغوڅووچې له یوې برخې څخه یې ګټه پورته کوواوبله برخه یې له پامه غورځوو.څرنګه چې په (3.1 b -شکل)کې ښکاري چې په غوڅ شویوبرخوکې داخلي قواوې په مساوي قیمتونواومخالفوجهتونووجودلري نودنیوټن ددریم قانون په اساس دا قواوې دیوې اوبلې خوا سره بې اغېزې(خنثی)کوي اوجسم په ثابت حالت کې ساتي اوس داخلي قوې یوې نقطې ته انتقالوو.

دمیخانیك دقانون په بنا چې دقووانتقال په یوه مستوي کې له یوې نقطې څخه بلې ته دجفتویا غبرګوقواوویا مومنټونوپه علاوه کولوسره صورت نیسي نودتهولوذراتوقواوې دثقل مرکزته انتقالووپه پایله کې دمحصلې قوې عمده ویکټور اوعمده مومنټ منځ ته راځي (3.2 -شکل).

دعمده ویکټور له تجزیې څخه درې قوې (Q_Y , Q_Z , N) اودعمده مومنټ له تجزیې څخه (M_Z , M_Y, M_X) منځ ته راځي دحاصل شویوفکټورونومجموعه شپږبرکېږي چې دداخلي قواوودعمده فکټورونوپه نامه یادیږي.



3 . 2- شکل : دقواوواومومنټونویوځای والی(مرکزیت) اوتجزیه

داخلي فکټورونه په لاندې ډول سره دي:

محوري قوه یا امتدادي قوه اویا نارمل قوه (N):

د x په محورباندې دټولوداخلي قوودمرتسمونو مجموعه ده (کېدای شي چې د x يا y په محور باندې وي) چې عددامساوي دټولوخارجي قواو د الجبري جمع سره مساوی دی چې د مقطع يوې خواته قرارولري.

$\sum F_X = 0$

داخلي يا نارمل قوه دیوه جسم دکشش اویا فشارسبب ګرځي.



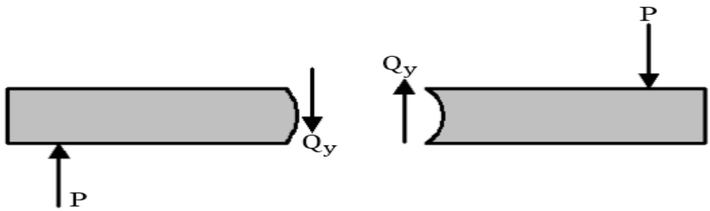
3.3- شکل: دنورمالي قووې شيما

عرضي يا غوڅوونکې قواوې(Q_Z , Q_y):

د zاو y په محورونودټولوداخلي قوودمرتسمونو مجموعه ده چې عدداُ دټولوخارجي قووله الجبري مجموعي سره مساوي دي او د مقطع يوه خوا کې عمل کوي.

$$Q_y = \sum F_y \qquad , \qquad Q_Z = \sum F_Z$$

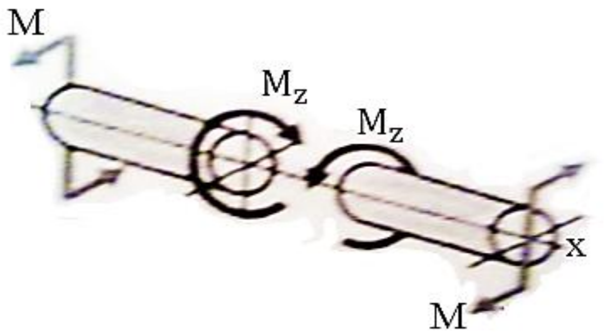
4.3– شکل: دعرضي قوو شيما



دوراني مومنټ (M_X):

دداخلي قوودټولومومنټونومجموعه نسبت د x محورته دې چې عددا مساوي دې دبهرنيوقوودټولومومنټونوپه الجبري مجموعې سره چې دمقطع په يوې خوا کې عمل کوي او د دوراني مومنټ په نامه سره يادېږي چې دجفتويا غبرګوقوواويادکوم بل دوراني عامل لکه موتورڅخه منځ ته راځي.

$$M_x = M_T = \sum M_x$$

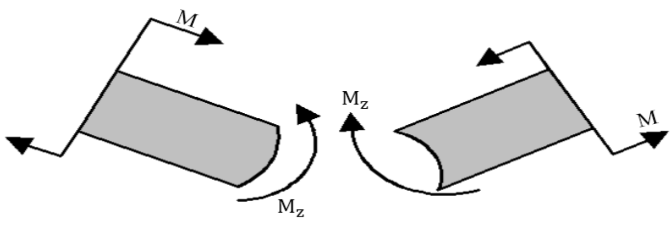


5 .3 – شکل :ددوراني مومنټ شیما

دکوږوالي مومنټونه (M_z , M_y):

د z او y محورونوتـــه دداخلـــي قوودټولومومنټونومجموعـــه ده چـــې عـــددأ دټولوبهرنیوقوودمومنټونوپـه الجبري مجمـوعي سـره مسـاوي دی او دمقطـع پـه یـوې خوا کې عمل کوي.

$$M_Z = \sum M_Z \qquad ; \qquad M_y = \sum M_y$$

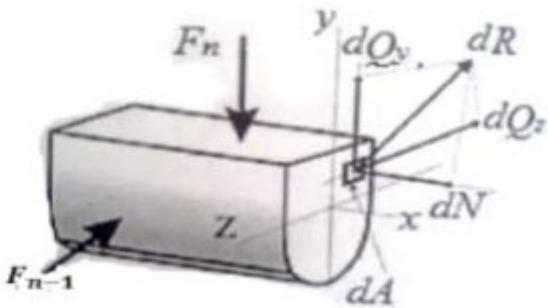


6.3 –شکل :دکوږوالي مومنټ شیما

دپورتـه شـپږوفکټورونوپه واسطه کولای شـوچې جسـمونه پـه کشش،فشـار، بـې ځایـه والي،دوران اوکوږوالي کې محاسبه کړو.دپادولووړده چې دداخلـي مومنټونولـه جملـې څخه هریومومنټ کولای شي چې دوراني اویا دکوږوالي مومنټ وي اوپـه دې پـورې اړه لري چې وارده قوه دګادردکوم محورپه اطرافو راڅرخي اود هغې په بنـا د شـکل بـدلون ډول ټاکل کېږي.

2.3 – تشنجات (Stresses):

دموادوپه مقاومت کې محاسبه لـه هغې ثخه دداخلي قوودشـپېږوفکټورونو ثخه مخکې یادونـه شـویده مګردشـمېرنې لاندې سیسـتم تعـادل حتمـي اوضـروري قبـول شویدی خوددې په بنا نشوکولای ووایو چې ،عامل بارونه یا قوې دڅېړنې لاندې جسم په خاطرجمعې سره قبلوې اوکه نه.دمثال په ډول ډېر امکان ددې شته چې مات یا ویجاړشي.پس دجسم دبارزغملویاتحمل مسله نه یوازې دداخلي قواووپه اندازې پورې اړه لـري بلکه دجسـم دسـطحې پـه عرضـي مقطع اوهغوموادوپـورې چې جسـم ورڅخه جوړوي هم اړه لري. پوهېږوچې داخلي قوې دجسم دمقطع په ټوله سطحه باندې دوېش شویوقووله محصلې ثخه عبارت دي نوورارده قـوه پرواحد دسطحې بانـدې یـا دوېش شویوقووشــــــدت دجسم دمقطع پرمخ دتشــنجاتوپه نامــه سره یادیږي (3. 7– شکل).



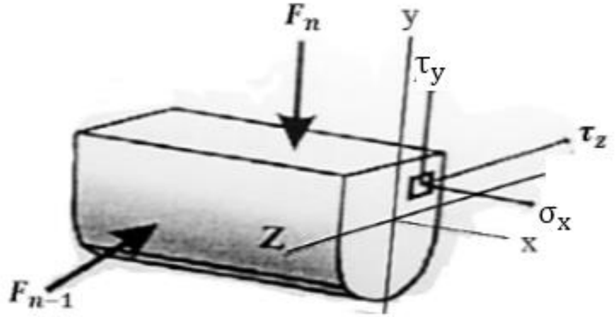
7.3–شکل: دجسم په مقطع کې پیدا شوي تشنجات

چـــې دانـــــدازه کولوواحـد یــې $\frac{N}{m^2}$ (P_a) یـــا پاســـکال، KP_a او MP_a دی.

که چېرې مکمل تشنجات د P په توري سره وښایواودجسم دمقطع مساحت پـه A سـره وښایو نوپورتني شکل ته لروچې:

$$P = \frac{dR}{dA}$$

په ډیرومحاسبوکې مکمل تشنجات (P) څخه کارنه دی اخیستل شوی مګردهغې دعمودې یانارملي (б) تشنجاتو اومماسي تشنجاتو(τ) څخه کاراخیستل شویدی.
څرنګه چې په پورته شکل کې د dA کوچني مساحت له عمومي مساحت (A) څخه جداشوی چې دداخلي قووممحصله یې(dR) ده د dR قوې مرتسمونه د x ،y ، z په محورونوباندې
دنارملي قوې dN ،عرضي قوو dQ_Z , dQ_Y دي.له ذکرشویوقووهره یوه یې پرکوچني مساحت dA وېشودامتدادي اوعرضي قووپه فې واحد دمساحت کې په لاس راځي چې



8. 3 –شکل: په مقطع کې نورمالي اومماسي تشنجات

په نوم دنارملي اومماسي تشنجاتوسره یادیږي(3 .8 –شکل).

نارملي تشنجات (б):

دداخلي امتدادي قووشدت دمساحت په یوه واحد دجسم ، مقطع په یوه ځای او یا مشخصه نقطه کې څېړوچې عبارت دې له:

$$б = \frac{dN}{dA}$$

مماسي تشنجات (τ_y اوτ_Z):

د داخلي عرضي قوو شدت دمقطع په یوه مشخص شوي دمساحت په یوه واحد کې څیړو چې عبارت دې له :

مکمل تشنجات :

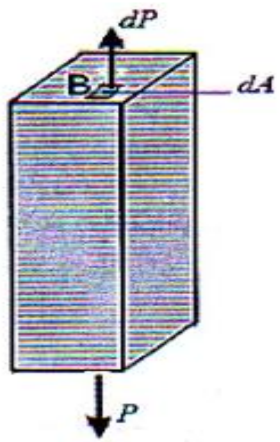
$$\tau_y = \frac{dQ_y}{dA} \quad ; \quad \tau_z = \frac{dQ_z}{dA} \quad ; \quad P = \sqrt{б^2 + \tau^2}$$

پرجســـمونوباندې دتشـــنجاتوعمل،وېش اونـــورپېچلي مســـله ده،پـــدې ځـــای کـــې دتشنجاتومختلف حالتونه ترڅېړنې لاندې نيسوترڅوپوه شوچې تشنجات څه ته وايي.
دجسم په يوه مقطع کې دتشنجاتودمقدارپيداکول چې د P قوې پـه واسـطه بـار شـويوي يـوه کيفـي نقطـه د B چې د dA مسـاحت لـري جداکوو.ليـدل کېـږي چې داخلـي قـوه دخارجي قوې P له اغېزې عبارت لـه dP څخـه ده چې دمتوسطوتشـنجاتومقدارد B پـه نقطه کې نظر(9.3- شکل ته) په لاندې ډول دی.

$$б = \lim_{dA \to 0} \frac{dP}{dA}$$

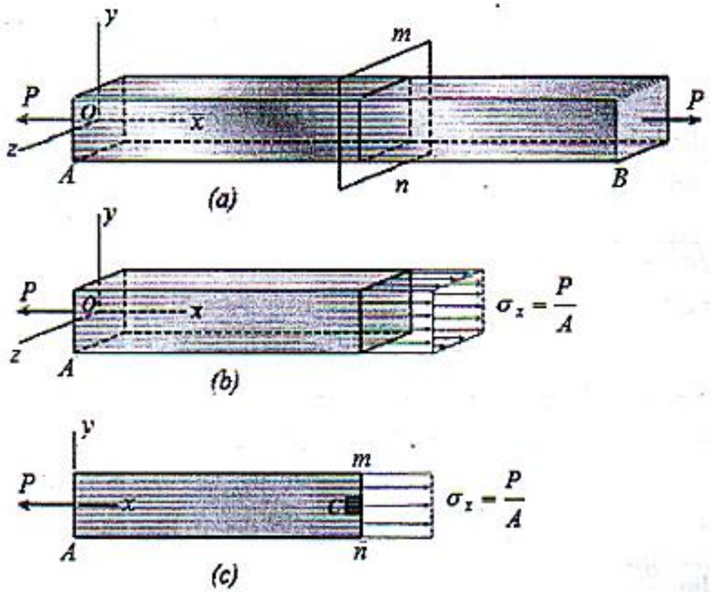
له پورته رابطې څخه کولای شوچې درياضيکې افادوپه واسطه دداخلي قوودمحصلې اندازه (ټول مقدار) پيداکړو.څرنګه چې يوې قوېدميلې له پاسه عمل کړيدی پس کولای شوچې وليکو:

$$P = \int dP = \int_A б \cdot dA$$

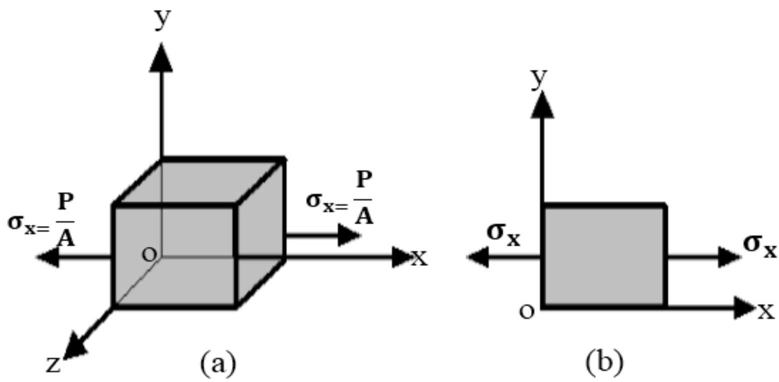


9.3 –شکل: دتشنجاتومقدار په يوه نقطه کې

که چېرې قوه دجسم په مرکز(مرکزي محور) باندې عمل وکړي پس دتشنجاتووېش په يوه وخت کې (يکنواخت) سر ته رسيږي. لکه په لاندې شکل کې:

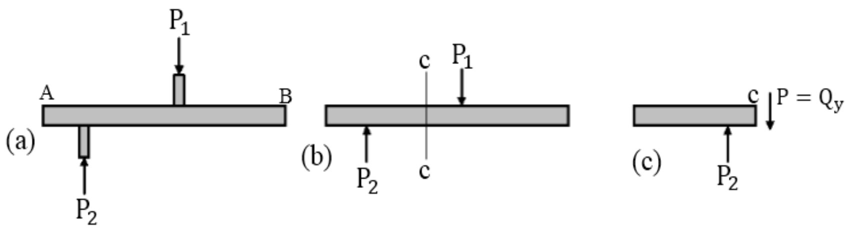


10.3– شکل :دمحوري قووله اغېزې دېونواخت تشنجاتووېش.



11.3 – شکل: دمحورپه امتداد تشنجات

اوس هغه حالت ترخیړنې لاندې نیسوچې په هغه کې یوه میله ددووقووله اغېزې لاندې راغلي وي چې یوې قوې دمیلې په پورتنۍ اوبلې قوې دمیلې په لاندېنۍ برخه عمل کړیدی (12.3 -شکل). دواړه قوې هڅه کوي اوددې په لټه دې چې میله غوڅه(قطع) کړي چې په دې حالت کې میله دمماسي یا غوڅوونکوتشنجاتوتراغېزې لاندې راځي او مماسي تشنجات پیداکېږي

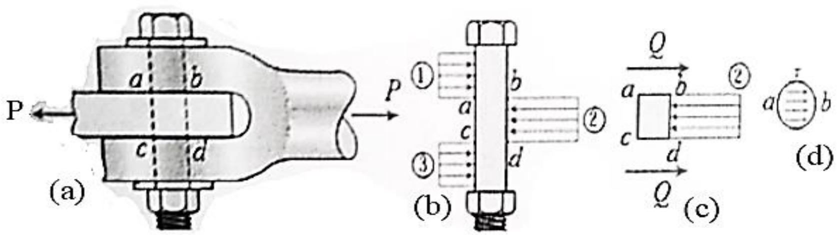


3 .12–شکل : دمیلې له پاسه دقووعمل

چې دلاندې فورمول څخه لاس ته راځي.

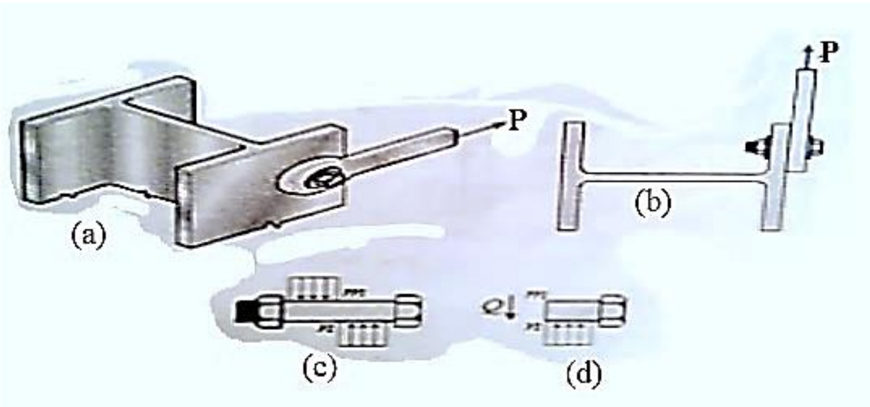
$$\tau = \frac{P}{A} = \frac{Q_y}{A}$$

ډېروخت داډول تشنجات په پرچې،رخې لرونکې پیچونه،نټ اوبولټونوکې منځ ته راځي چې دساختمان اجزاوې سره وصل کوي (13.3 -شکل).



3 .13–شکل: دبولټ په مختلفوبرخوکې دقوې له اغېزې دتشنجاتووېش

په (3 .13-شکل)کې دوه جسمونه چې دنټ اوبولټ په واسطه سره وصل شویدې کششـي قـوې(P) تراغېـزې لانـدې راغلـي دې (a شـکل)،دقوووېش دبولـټ پـه مختلفوبرخوکې دb شکل په اساس دې،په C شکل کې د(1) او(2) برخوقوې په عرضي قووسره ښایو چې دمماسي تشنجاتوسبب ګرځي اود d شکل تشنجات کولای شي چې جسم ویجاړکړي.

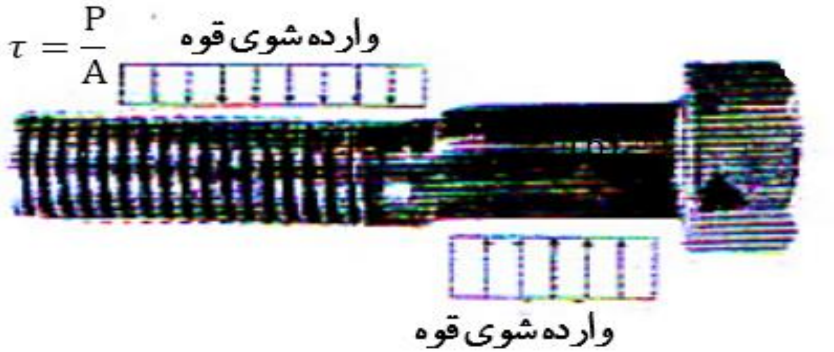


3 .14-شکل :دبولټ په امتداد دغوڅوونکوقواوو وېش

همدارنګه په (3 .14 -شکل) کې لیدل کېږي چې دقوودعمل څخه بولټ غوڅوونکې دشکل بدلون کړی دی اوهمداقوه ددې سبب شوه ترڅوبولټ قطع (غوڅ) شي اویا مات شي. هغه تشنجات چې دې ډول ویجاړونې سبب ګرځي مماسي تشنجات دې چې په لاندې ډول پیداکېږي.

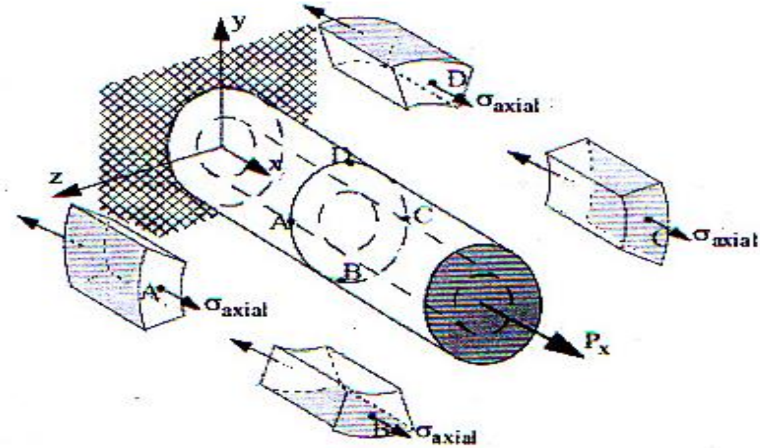
$$\tau = \frac{P}{A}$$

په (3. 15–شکل) کې مات شوی بولټ دمماسي تشنجاتواووارده قوې له اغېزې لاندې لیدل کېږي.



3 .15– شکل: دویجاړشوي بولټ بېلګه دتشنجاتوله اغېزې

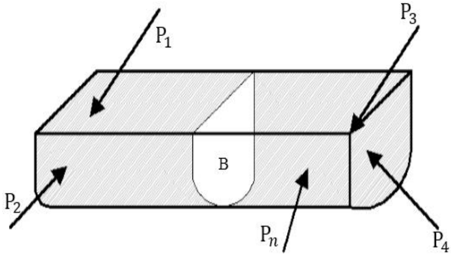
څرنګه چې مخکې وویل شول چې دکشش اوفشار په حالت کې په میله یاګاډرکې نورملي تشنجات منځ ته راځي چې په لاندې شکلونوکې یې څرګندونه شویده (3 .16– شکل).[2] .

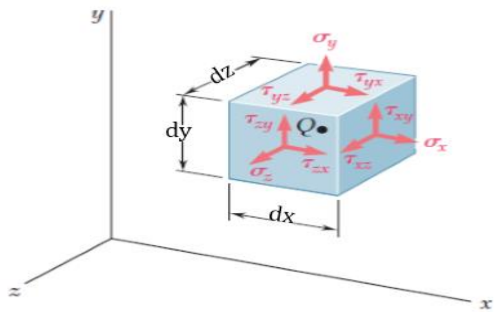


3 .16 –شکل: په کشش اویا فشار کې نورملي تشنجات

اوس به يوبل تشنجي حالت چې هغې ته دجسم په يوه نقطه کې تشنجي حالت وايي تر مطالعې لاندې ونيسو(3 .17 –شکل).

مونږپوهيږوچې يوجسم دډيروزياتوذروڅخه جوړشويدی چې دجسم دهرې برخې او هرې نقطې ذرې يوه يې دبلې په مقابل کې متقابله اغيزه لري،نوله همدې سببه تشنجات په يوه برخه يا په يوه نقطه کې په نوروجهتونومختلف قيمتونه درلودلای شي.تشنجات دباروني په حالت کې دجسم دذراتوترمنځ متقابله اغيزه ده اوبهرنۍ قوې چې دتشنجاتودمنځ ته راتگ سبب گرځي هروخت پدې هڅه کې دي چې دجسم دذراتوموقعيت اوځای ته بدلون ورکړي. (3 .17 –شکل) په پام کې نيسوچې په هغه کې يوجسم دبهرنيوقووتراغيزې لاندې دي.يوه برخه(ټکی يا نقطه) چې مکعب ډوله شکل لري له جسم څخه جداکوو.تجربواوڅيړنوښودلې ده چې پدې حالت کې دقوولـه اغيزې مختلف تشنجات منځ ته راځي اوکولای شوچې تصورکړوچې په ټول جسم کې کېدای شي چې عين حالت منځ ته راشي.





3 .17– شکل: دجسم په يوه نقطه کې تشنجي حالت

پدې ترتیب لیدل کېږي چې دمکعب ډوله نقطې په ټولوشپږوسطحوباندې دهغې جسم چې ترمطالعې لاندې دی،مماسي اونورملي تشنجات چې دمکملوتشنجاتومرکبې دې منځ ته راځي.په پورتني شکل کې دجسم درې سطحې لیدل کېږي اونورې درې سطحې يې د هغې متناظر پراتي دي. درياضي دقوانينوپه بنا داتشنجات (عمده تشنجات) کولای شوچې ددېترمينانت په شکل وليکوچې دڅومرکبې تشنجاتوپه نامه سره يادېږي .

$$T_б = \begin{bmatrix} б_x & \tau_{xy} & \tau_{xz} \\ \tau_{yx} & б_y & \tau_{yz} \\ \tau_{zx} & \tau_{zy} & б_z \end{bmatrix}$$

دپادولووړده چې چې په شکل کې نارملي تشنجات($б_x$, $б_y$, $б_z$) ښودل شويدې هريويې په ترتيب سره د (x ،y ،z) په محورونوباندې عمود دې همدارنګه مماسي تشنجات دشکل له مخې دتشنجي مرکبې (مولفې) په سطحه کې ديوه محور په بل محورباندې عمود دې،دې. دمثال په ډول τ_{xy} مماسي تشنجات پدې ډول ښودل کېږي:پر سطحه واردشوي مماسي تشنج چې د y محورترتيب(مولفه) لري اود x په محور باندې عموددې.يا پر سطحه I_{yx} مماسي واردشوي تشنجات چې موازي د x له محورسره اود y په محورباندې عمود دې.

داخلي عرضي اومماسي قوې د وارده عمودې خارجي قوول اغېزې دمکعب په بېلو بېلو سطحو کې راپيدأ شوي چې له حاصل ضرب دمتناظروتشنجاتواو(dA)کوچنيو مساحتونو مرکبو (مولفو) څخه عبارت دې.

دستاتيکې تعادل څخه په ګټې اخيستنې سره دقوودپيداکولومتعادلي معادلې ليکو.

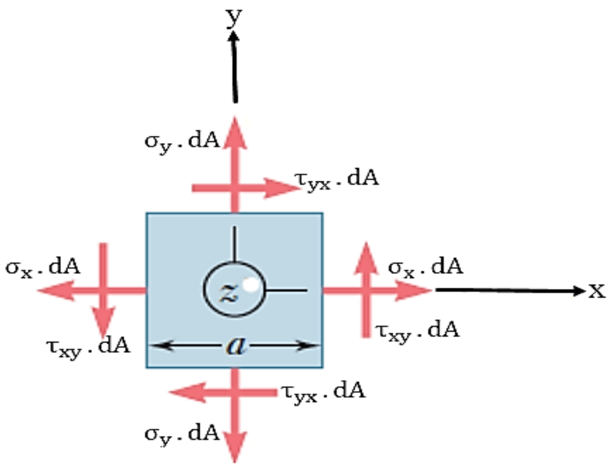
$$\sum F_Z = 0 \quad , \quad \sum F_y = 0 \quad , \quad \sum F_x = 0$$

په يادبايد ولروچې دمکعب په شپږوسطحوباندې واردی شوي قوې په خپل منځ کې سره مساوي ولې جهتونه يې مخالف دې نوپورتنی معادلې هروخت صدق کوي.

دعرضي قوودپيداکولوپاره له لاندې رابطوڅخه هم کاراخلو.

$\sum M_Z = 0 \quad , \quad \sum M_y = 0 \quad , \quad \sum M_x = 0$

اوس دموضوع دروښانتیالپاره کوچني جداشوي ټوټه په یوه مستوي کې د X او Y محورونوپه لرلوسره رسموو(3. 18- شکل).



3. 18 - شکل : له جسم څخه دجداشوي نقطې په څنډوکې نارملي اومماسي تشنجات

څرنګه چې په شکل کې لیدل کېږي یوازې هغه قوې چې مومنټونه یې نظرد z محور ته دصفر خلاف وي عرضي یاغوڅوونکې قوې بلل کېږي اوداقوې جوړه یاجفتي قوې تشکیلوي چې دساعت دستنې په مخالف لوري(مثبت لوري) یا $(\tau_{XY} \cdot dA)a$ اوبله یې دساعت دستنې هم جهته (منفي) یا $-(\tau_{yx} \cdot dA)a$ دي.

بناپردې لیکلی شو چې:

$$\sum M_Z = 0 \;\Rightarrow (\tau_{xy} \cdot dA)a - (\tau_{yx} \cdot dA)a = 0$$

نوپه پایله کې لروچې:

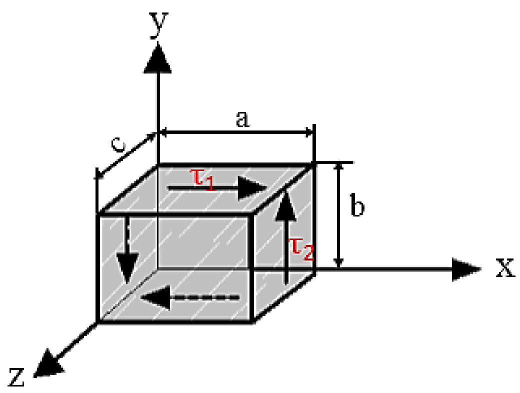
$$\tau_{xy} = \tau_{yx}$$

پورتنۍ رابطه څرګندوي دمماسي تشنج هغه قوه چې مرکبې يې د y محورپرسطحه واردېږي اود x محورپرسطحه عمودي دې د هغې مماسي تشنج قوه يې مرکبوسره چې د x محورپرسطحه واردېږي اود y محورپرسطحه عمودي قرارلري مساوي دې.اوپه پورتني ترتيب کولای شوچې وليکو:

$\tau_{zy} = \tau_{yz}$ او $\tau_{xz} = \tau_{zx}$ سره ثبوت کړو .

په پايله کې ويلای شوچې دمماسي يا غوڅوونکوتشنجاتومقدار دجسم په تېولوخلوروڅنډوکې سره مساوي دې(3. 19-شکل).نولروچې: $\tau_1 = \tau_2$

له پورته رابطوڅخه دې پايلې ته رسيږوچې په يوه معلومه نقطه کې دتشنجاتودپيداکولولپاره يوازې شپږو مرکبې (مولفې) يا فکتورونه لازم دې چې عبارت دې له (σ_x, σ_y , σ_z , τ_{xy} , τ_{yz} , τ_{zx}).



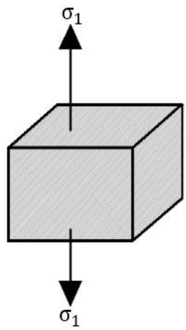
3. 19 -شکل :دجسم په څنډوکې مماسي تشنجات

که چېرې مماسي(برشي ياغوڅوونکې) تشنجات نه وي نولاندې درې تشنجي حالتونه به وجود ولري:

لومړی حالت - خطي (يومحوري)تشنجات:

په دې حالت کې دټولوتشنجاتوڅخه يوې دصفرخلاف اونوردوه يې له صفرسره مساوي وي(3 .20 -شکل).

$б_1 \neq 0$
$б_2 = 0$
$б_3 = 0$

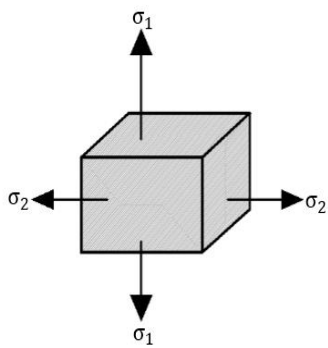


3 .20– شکل: خطي يومحوره تشنجات

دوهم –دوه محوره(مستوي)تشنجات:

په دې حالت کې دتشنجاتوله جملې څخه دوه يې دصفرخلاف وي اويـويـې لـه صفرسره مساوي وي(3.21 –شکل).

$Б_1 \neq 0$
$б_2 \neq 0$
$б_3 = 0$

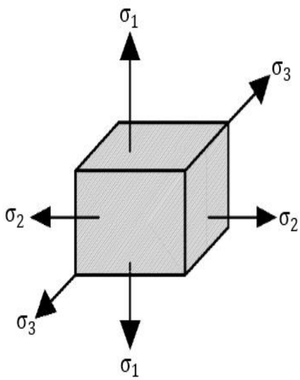


21.3–شکل: دوه محوره خطي تشنجات

دريم –حجمي(درې محوره)تشنجات:

په دې حالت کې درې واړه تشنجات دصفرخلاف وي(22.3– شکل).

$б_1 \neq 0 \quad ; \quad б_2 \neq 0 \quad ; \quad б_3 \neq 0$



22.3 –شکل :حجمي يادرې محوره تشنجات

په دې ترتيب دې ترمينانت څخه په ګټه اخيستنې دعمده تشنجاتو دمقدار لپاره لرو چې :[2] .

$$T_{б} = \begin{bmatrix} б_1 & 0 & 0 \\ 0 & б_2 & 0 \\ 0 & 0 & б_3 \end{bmatrix}$$

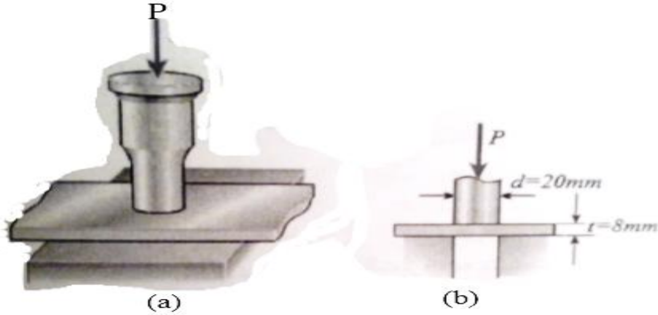
1.مثال:ديوه پلېټ دسوري کولولپاره ديوه ډول عمودې برمې چې قطريې d=20mm دی ګټه پورته کوي، د پلېټ ضخامت t=8mm دی(3. 23–شکل).که دبرمه کارۍ لپاره دضرورت وړقوه p=110KN وي دعرضي مماسي متوسطوفشاري تشنجاتومقداردپلېټ دسوري کولولپاره په دبرمې په پل کې پيداکړی؟[2].

حل:دعرضي تشنجاتومقدار:

$$\tau = \frac{P}{A_{sh}}$$
$$A_{sh} = \pi dt = 3.14 \cdot 20 \cdot 8 = 502.7 \text{ mm}^2$$
$$\tau = \frac{110 \text{ KN}}{502.7\text{mm}^2} = 219 \text{ MPa}$$

اودنورمالوتشنجاتومقدار:

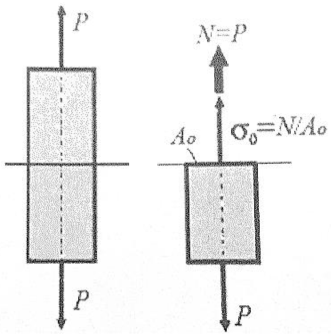
$$б = \frac{P}{A} = \frac{P}{\frac{\pi d^2}{4}} = \frac{4 \cdot 110\text{KN}}{3.14 \cdot 20^2} = 350 \text{ MPa}$$



3 .23- شکل

3.3:په مایلو سطحو کې نارملې اومماسې تشنجات:

په تېر شویو درسونوکې مو دمساحتو نارملي او مماسې تشنجات نظر دګاډرو امتدادي قوو ته په کشش او یا فشار کې مطالعه کړل، اوس په مایلو مساحتونو کې تشنجات او دهغې دپیدایښت عواملو څرګندوالی مطالعه کوو. یوه میله په نظر کې نیسو چې د دوو قوو له لوري په دوو سرونو کې دشکل بدلون په کششي ډول سره مني.(24.3-شکل).



24.3-شکل :په افقي سطحه کې دنارمل قوې له اغېزې تشنجات

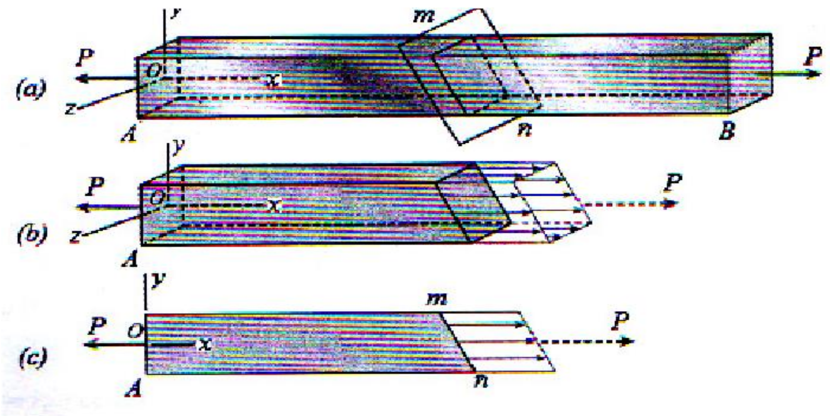
نوموړی جسم دیو مستوي پواسطه په خیالي ډول غوځوو ، لیدل کېږي چې دهغې قوې N د بهـــرنیو قوو له اغېزې راپیدا کېږي چې د A_0 په سطحه کې دتشنج سبب کېږي.

$$\sigma_o = \frac{N}{A_0} = \frac{P}{A_o}$$

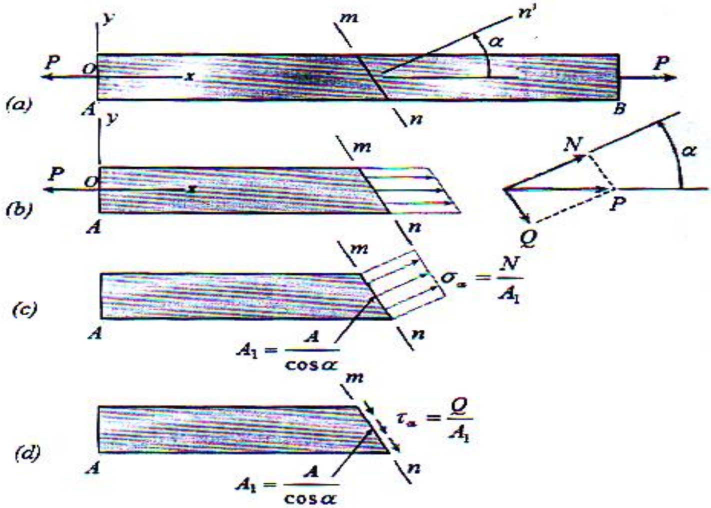
په پورتني مقطع کې مماسې تشنجات دصفر سره مساوي دي .

.

اوس یو جسم یا گادر دېوې مایلې کېفي مستوي پواسطه په خیالي ډول قطع کوو، چې دمایلې زاویې لرونکی وي ترمطالعې لاندې نېسو .



3 . 25–شکل :په مایله سطحه کې دامتدادي قوې وېش.



3 . 26–شکل :په مایله سطحه کې دقوې له اغېزې دمماسې اونارملي تشنجاتو پیدا ېښت.

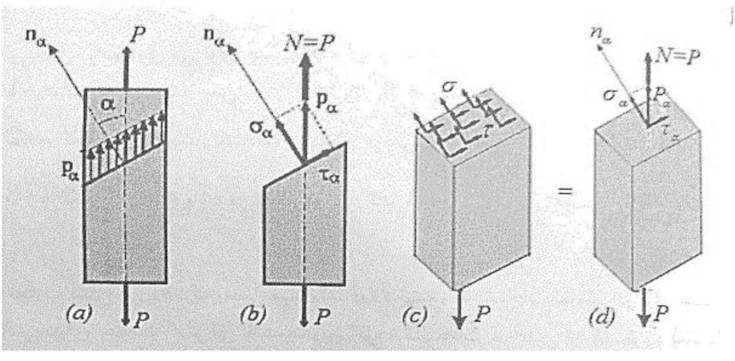
 څرنگه چې په (3. 26–شکل)کې ليدل کېږي يوه ميله چې بارشويده اود P قوې له اغېزې د m–n مستوي پواسطه دېوې زاويې لاندې غوڅه شويدې . د P قوه په دوو مرکبو چې يوه مرکبه يې د N نارمل قوه ده چې عموده په مقطع يا دجسم دمحور په امتداد ده او بله مرکبه يې د Q برشي يا عرضي قوه ده چې دغوڅ شوي محور سره موازي دمستوی (مقطع)په سطحه مماس وي تجزيه کوو:

د N دامتدادې قوې څخه نارملی تشنجات پيدا کېږي اودعرضې قوې له اغېزې مماسې تشنجات (غوڅونه)منځ ته راځي.

$N = p.\cos\alpha \qquad Q = P.\sin\alpha.$

$$A_1 = A_\alpha = \frac{A}{\cos_\alpha} = \qquad \sigma_\alpha = \frac{N}{A_1} \qquad \tau_\alpha = \frac{Q}{A_1}$$

اوس کټ مټ پورتنی مسئله په يوه جسم کې چې په عمودې ډول ولاړ دی مطالعه کوو (3. 27 –شکل)



3 .27– شکل :د جسم په مايله سطحه کې تشنجات.

$n\alpha -$ نارمل محور .

دمايلې سطحې مساحت په لاندې ډول دې: $A_\alpha = \frac{A0}{\cos_\alpha} = \frac{A}{\cos_\alpha}$

څرنگه چې (3 .27– شکل)څخه لیدل کېږي مکمل تشنجات عبارت له P_α څخه دې
اوداخلي قوه دهغې په مرسته په لاندې ډول پیدا کوو: $N = P_\alpha.A_\alpha$
له پورته رابطې څخه مکمل تشنجات پیداکولی شو:

$$P_\alpha = \frac{N}{A_\alpha} = \frac{N}{A_\bullet}.\cos_\alpha = \sigma_\bullet.\cos_\alpha$$

نارمل او مماسې تشنجات نظر پورتني شکل ته د مکملو تشنجاتو مرکبې دي نو لرو چې :

$$\sigma_\alpha = Pa.\cos\alpha \quad \tau_{\alpha=\rho_\alpha.}\sin\alpha$$

ددې$(P_\alpha = \delta 0.cos_\alpha)$ رابطې په نظر کې نېولو سره ،مایل تشنجات یاد مایلو سطحو تشنجات په دې ډول دې:

$$\sigma_\alpha = \sigma_\bullet.\cos^2\alpha : \tau_\alpha = \frac{\sigma_0}{2}.\sin 2\alpha$$

د(τ_α)او(σ_α)درابطو تحلیل څخه وروسته لاندې پایلې ته رسیږو:
1–که چېرې $(\alpha = 0)$نو:

$\tau_\alpha = 0$; $\delta_1 = \sigma_0$; $\sigma_2 = 0$; $\sigma_3 = 0$

2–که چېرې $(\alpha = \frac{\pi}{2})$ وي په عرضې مقطع کې تشنجات پدې ډول دې:

$\tau_\alpha = 0$; $\sigma_\alpha = 0$

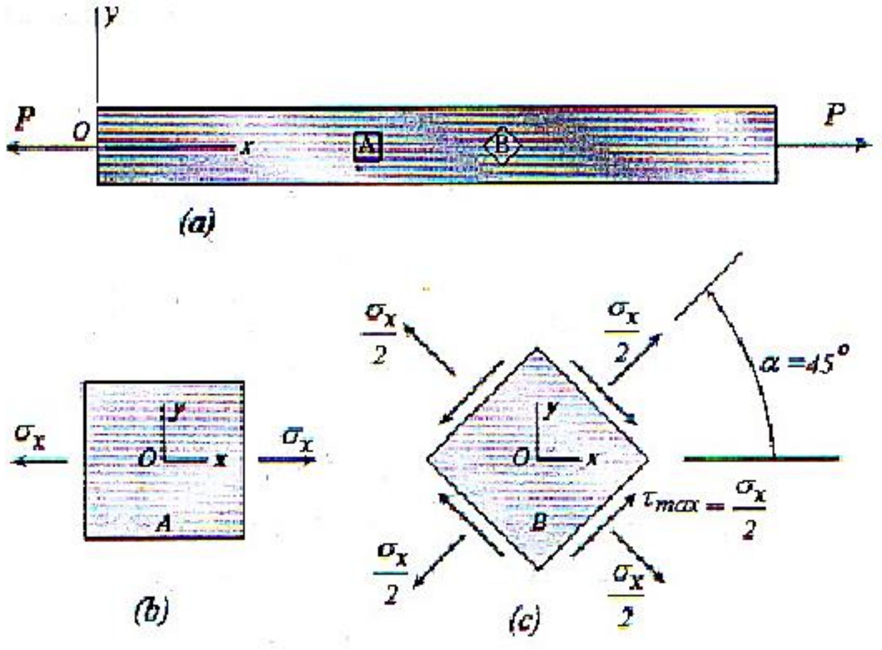
3–که چېرې $(\alpha = \pm\frac{\pi}{4})$ وي په عرضې مقطع کې تشنجات پدې ډول دې:

$$\tau_\alpha = \tau_{max} = \frac{\sigma_0}{2}$$

تجربو ثبوت کړیده چې ځینې مواد لکه فولاد چې دنارملی تشنجاتو مقاومت يې نسبت مماسې تشنجاتو ته کم دې .بنأ پردې مماسي تشنجات په کشش او فشار کې دنارمل تشنجاتو نیمايې دې ، بیاهم دا تشنجات خطرناك دې او دموادو دویجاړیدني سبب کیږي .

په عمومي ډول په کشش کې نارملي تشنجات مثبت او په فشار کې منفي شمېرل کېږي.

يوبل تشنجي حالت دجسم په (3. 28- شکل)کې ښودل شويدې.

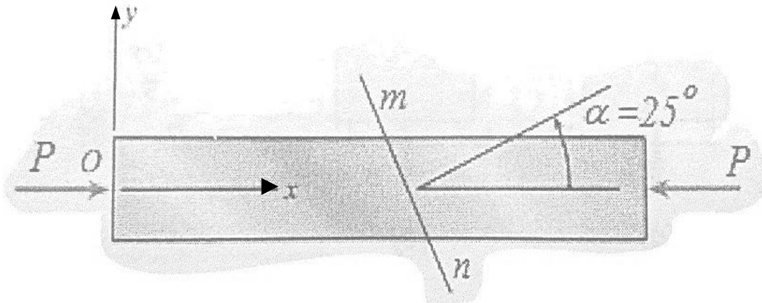


3. 28-شکل: د قوې له اغېزې تشنجې حالت .

ليدل کېږي چې مساحت (A) يوه کوچني برخه چې دجسم له څنډو سره موازي دې اودمساحت بله کوچني برخه چې دجسم له څنډو سره (45°) زاويې جوړه وي جدأ کوو، دنارملي تشنجاتو مقدار د (B) په برخه کې دنارملي تشنجاتو مقدار د(A) له برخې له نيمايې سره مساوي دې [2].

2.مثال : يوه مربعې ميله چې مساحت يې $A = 1200mm^2$ دې دېوې فشاري قوې د اغېزې P=90KN لاندې قرار لري که چېرې نوموړې ميله د m-n خيالي مستوي

پواسطه د 25° په میل غوڅه کړو دغوڅې شوې برخې دمیلې د تشنجاتو مقدار معلوم کړی [2].



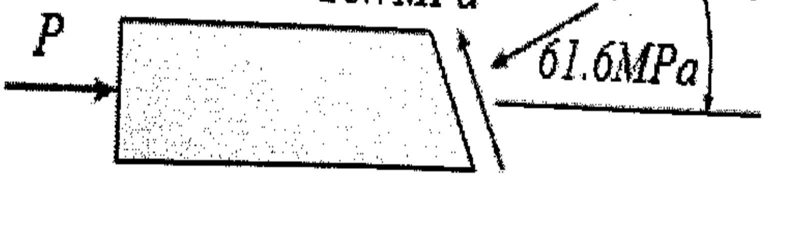
3 .29 الف–شکل

حل : په اول کې نارملي تشنجات د P دقوې اغېزې او وروسته یې د زاویې مماسې تشنجاتو په نظر کې لرلو سره محاسبه کوو:

$$\sigma_\alpha = \sigma.\cos^2 = -75.(\cos 25)^2 = -61{,}6MPa.$$

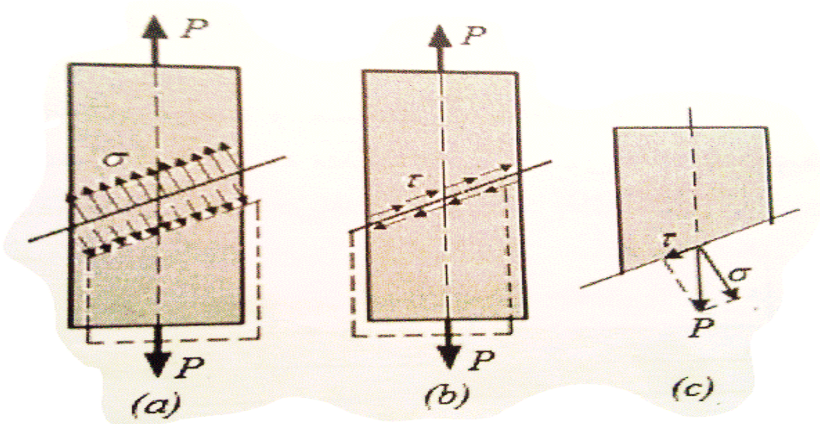
$$\tau_\alpha = \sigma.\sin\alpha.\cos\alpha = -75.\sin\alpha.\cos\alpha = -75(\sin 25^\circ)(\cos 25^\circ) = 28{,}7MPa.$$

$$\sigma = \frac{P}{A} = \frac{90.10^3}{1200.10^{-6}} = -75MPa.$$



3 .29ب– شکل

3.مثال: که چېرې یوه کششي قوه P=25Ton وي د یوې عرضي مقطع چې مساحت یې $A = 16cm^2$ وي عمل وکړي ،نارملي ، مماسې او مکمل تشنجات یې په مایله عرضې مقطع کې د $\alpha = 15^{\circ}$ زاویې لاندې پیدا کړي(30.3-شکل)[2] .



30.3-شکل

حل : په میله کې نارملې تشنج دکشش سبب کېږي، او مماسې تشنج په میله کې دغوڅونې سبب کېږي.

$$\sigma = \frac{P}{A} = \frac{25000}{16} = 1563Kg / cm^2$$

دمایلې سطح مساحت:

$$A_\alpha = \frac{A}{\cos_\alpha}$$

دشکل له مخې مکمل تشنجونه په لاندې ډول موندل کېږي:

$$P_\alpha = \frac{P}{A_\alpha} = \frac{P}{A}.\cos\alpha. = \sigma.\cos\alpha.$$

دمایلې سطحې نارملې تشنجونه: $\sigma_\alpha = P_\alpha . \cos_\alpha = \sigma . \cos^2 \alpha$ او مماسي مایل تشنج:

$\tau_\alpha = P_\alpha . \sin\alpha = \sigma . \cos\alpha . \sin\alpha = \frac{\sigma}{2} . \sin 2\alpha = \frac{1563}{2} . \sin 2 . 15^\circ = 391 \frac{Kg}{cm^2}$

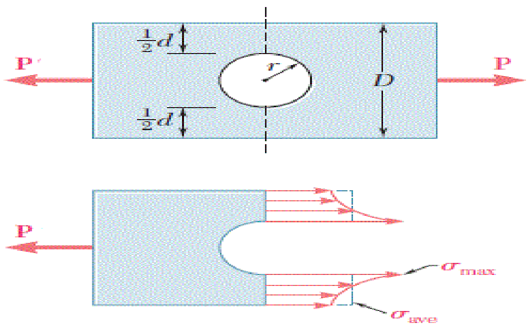
$$\sigma_\alpha = 1563 . \cos^2 15^\circ = 1510 \frac{Kg}{cm^2} \; ; \; P_\alpha = \sqrt{\sigma_\alpha{}^2 . \tau_\alpha{}^2}$$

$$= \sqrt{(1510)^2 + (391)^2} = 782 \frac{kg}{cm^2}$$

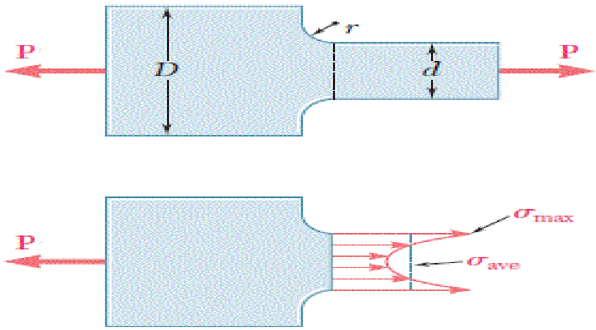
3 . 3 یو ځای والي یا دتشنجاتو تراکم:

که چیرې دساختمان عناصر سوري ولري او یا کوم بل بدلون په مقطع کې موجود وی نو دخارجي قوو دعمل له اغېزې کیدلې شي دتشنجاتو مقدار دیو ځای قوو دعمل نقطې ته نږدې دمتوسطو تشنجاتو مقدار ته دجسم (عنصر)کې ورسیږي .

تجربو ښودلې ده چې د جسم (عنصر)ناپیوسته ځای (سوري)ته نږدې ډیر ځایي (موضعي)تشنجات منځته راشي . که (31.3) او(32.3–شکلونه)کې متناظري بحراني مقطعې او په هغې کې دتشنجاتو ویش موقعیتونه ښودل شوي دي [2] .



31.3 –شکل :د محوري بار لاندې په مسطحه میله کې دایروي سوري ته نږدې دتشنجاتو ویش.



32.3–شکل :د محوري بار له اغېزي دمسطحي ميلي ماهيچوته نږدي دتشنجاتو وېش.

پورتنی پايلي دتجربي په ډول په لاس راغلي دي اود جسم په هندسي پارامترو يااندازويه نسبت پوري ترلي دي. يا $b/d\,,\,r/b$ نسبت اونوري ببلګي يي.

زمونږ سره پورتنی تحليل دا مرسته کوي ترڅو چي د جسم په مختلفو نقطو کي دتشنجاتو مقدار پيدا کړو،ترڅو پوه شو چي د اعظمي تشنجاتو مقدار نسبت مجازي تشنجاتو ته کم دی او که زيات. پدي خاطر دتشنجاتودپو ځای والي له ضريب څخه کاراخلو چي هغه داعظمي تشنجاتو مقدار نسبت پرمتوسطو تشنجاتو مقدار څخه عبارت دی.

$K = \frac{\delta_{max}}{\sigma_{ave}}$ او یا $\sigma_{ave} = \frac{N}{A_{min}}$

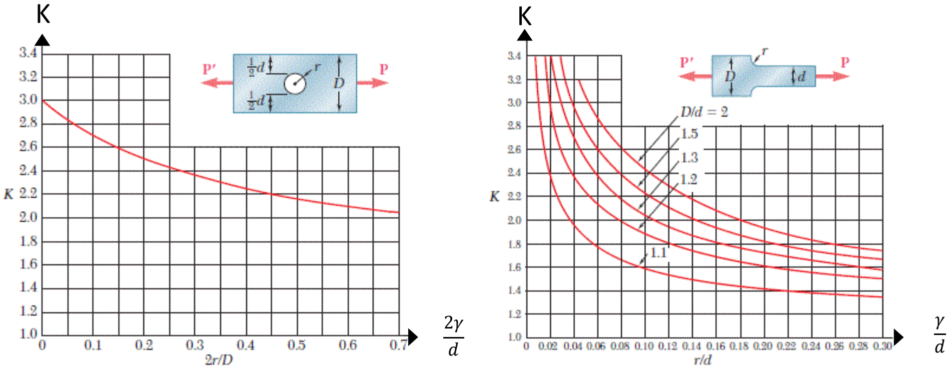
پورتنی ضريب دتجربوي ګرافونو دتناسبي اندازو په نظر کي نېولو سره انتخاب شويدي او په محاسبو اوشمېرنو کي تري ګټه پورته کوي.

$$\frac{N}{A} \le [\sigma]$$

$$\sigma ave = \frac{P}{dt}$$

t– ضخامت دپلېټ اوميلي.

$$K = \frac{\sigma \max}{\sigma ave}$$



(a) Flat bars with holes (b) Flat bars with fillets

(33.3– شکل):دتشنجاتو يو ځای والي (تراکم) ضريب (K)بدلون نظر دميلو هندسي پرامتروته ، چي دمحوري بار لاندې وي. بنودل شوی او تغيرات ئې –دهندسي شکلونو داندازو په تناسب پوري اړه لري.

5.3– دمحکمۍ اوشخۍ شرايط:

په کشش او فشار کې دبوي ميلي يا ګادر محکم والی هغه وخت تامين کېدای شي چي د ټولي مقطعي تشنجات له معلومو تشنجاتو چي د مجازي تشنجاتو دنوم سره ياديږي زيات نشي.

د مجازي تشنجاتو کميتونه دهر ډول موادو لپاره دتجربې په اساس په لابراتواري شرايطو کې په لاس راځي.

$$[\sigma +]=[\sigma -]=[\sigma]$$

په کشش کې مجازي تشنجات مثبت $[\sigma +]$ او په فشار کې منفي $[\sigma -]$ دی.

د محاسبوي تشنجاتو مقدار :دا دقوې دمقدار $\sigma = \frac{[dN]\max}{A}$ (داخلي قوه) او دمقطع مساحت دحاصل تقسيم څخه منځ ته راځي.

اود محکم والی شرايط يې په دې ډول دې: $\sigma = \frac{[N]\max}{A} \leq [\sigma]$

دمجازي تشنجاتو مقدار $[\sigma]$ دهر ډول موادو لپاره په لابراتواري شرايطو کې دتجربې له مخې په لاس راځي.

دمحکم والی شرايط د دريو مسئلو دحل امکان برابروي:

1–دجسم يا ګادر دمقطع انتخاب:

$$A \geq \frac{N}{[\sigma]}$$

2–دمجازي قوې دمقدار ټاکل:

$$N \leq [\sigma].A$$

3–د محکم والی امتحان : په هغه صورت کې چې د داخلي قوې مقدار ، دمقطع مساحت او مجازي تشنجات معلوم وي. محکم والی په دې ډول امتحان کېږي:

$$\frac{N}{A} \leq [\sigma]$$

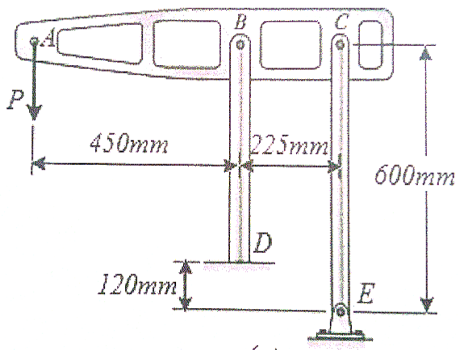
ددې لپاره چې ساختمانونه اوعناصر دهغې په ښه ډول خپله دنده سرته ورسوي نو ضروري اولازمي ده چې دقوو له اغېزې دشکل بدلون د مجازي شکل بدلون څخه کوچنی وي: $\Delta l \leq [\Delta l]$

په پورته اړيکه کې [ΔL] – دمجازي اوږدوالي مقدار زياتوالی اوΔL په محاسبوي شکل دګاډرداوږدوالی زياتوالی دی.

په کشش اوفشار کې دشکل بدلون دگادر، د قوو له اغېزې په هره برخه کې په جدا ډول پيدا کېږي او دشکل بدلون په عمومي ډول سره دالجبري جمعې $\Delta l = \sum \int \frac{N(x)dx}{E.A(x)}$ له طريقې څخه پيداکېږي.

په کشش او فشار کې دشخې شرايط په دې ډول دي: $[\Delta l] = \sum \int \frac{N(x)dx}{E.A(x)} \leq [\Delta l]$

4. مثال: يوساختمان چې دېوې ميلې ياگادر (ABC) چې دسختو فولادو څخه جوړ شويدي دنورو دوو ميلو له پاسهBD او CE باندې قرار لري چې د B او C په نقطو کې محکم شويدي د CE ميله دپن يا مفصلې اتکا درلودونکی چې مساحت يې A_{CE}= 520mm2 دي اود BD ميلې مساحت$A_{BD=}$=1020mm2 چې دثابتې اتکالرونکی او دتهداب سره محکم شويدی ،که ارتجاعيت مودول دفولادو E=205GPa وي نوداعظمې قوې مقدار پيداکړې چې د A نقطې ته د 0,1mm په اندازه تغيير مکان ورکوي (35.3–شکل).



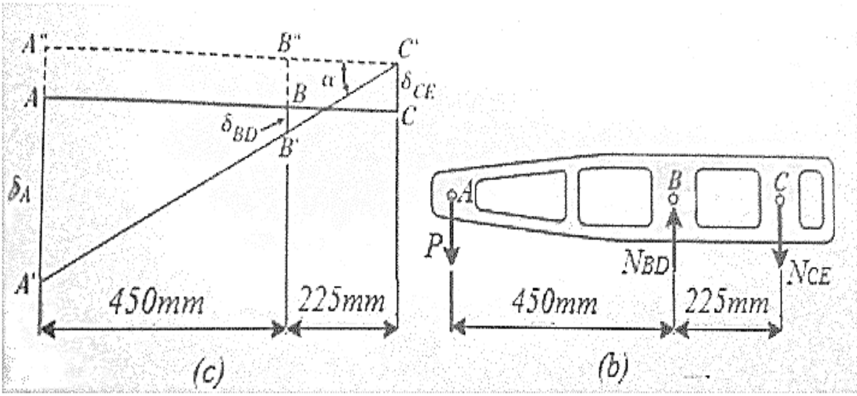
35.3 –شکل

حل: پوهېږو چې د P قوې داغېزې

په ميله کې د N امتدادې قوه پيداکېږي او کـولی شو چې هغه داتکاو عکس العملي قوه قـــــــــبوله کړو. د BD ميله د P قوې له اغېزې تراکم کوي.

او د ECميله کش کېږي.

نظر(36.3–شکل)ته ستاتیکي معادلې یې ترتیب او امتدادي قوه یې پیداکوو.



36.3–شکل

$$\sum M_B = 0 = P\ .\ 450 - \ N_{CE}\ .\ 225 = 0 => N_{CE} = 2P$$

$$\sum M_C = P\ .\ 675 - \ N_{BD}\ .\ 225 = 0 => N_{BD} = 3P$$

د P قوې دپیدا کولو لپاره دنقطو تغیر مکان پیداکوو او له هغې څخه بیا P موندل کیږي:

$$\delta_{BD} = \frac{N_{BD}.L_{BD}}{E.A_{BD}} = \frac{3P.480}{205.1020} = 6{,}98.10^{-6}\,Pmm$$

$$\delta_{CE} = \frac{N_{CE}.L_{CE}}{E.A_{CE}} = \frac{2P.600}{205.520} = 11{,}26.10^{-6}\,Pmm$$

$$\frac{A'A''}{A''C'} = \frac{B'B''}{B''C'} =>$$

د $A'A''C'$ او $B'B''C'$ مثلثو دتشابه څخه لرو چې :

$$\frac{\delta A+\delta_{CE}}{450+225}=\frac{\delta_{BD}+\delta_{CE}}{225}=>\frac{\delta_{A}+11{,}26.10^{-6}P}{675}=\frac{6{,}88.10^{-6}P+11{,}26.10^{-6}P}{225}=>$$

$$P=P\max=23{,}22KN.$$

$$\tau g\alpha=\frac{A'A''}{A''c'}=\frac{\delta_{A}+\delta_{CE}}{675}=\frac{0{,}1+0{,}261}{675}=0{,}001868$$

$$\alpha=\alpha\gamma ctg0{,}001868=0{,}11^{o}$$

4. 3 دموادو میخانیکي مشخصات اودکشش فشا ردیاگرام

(mechanical characteristic and strain– compression Diagram)

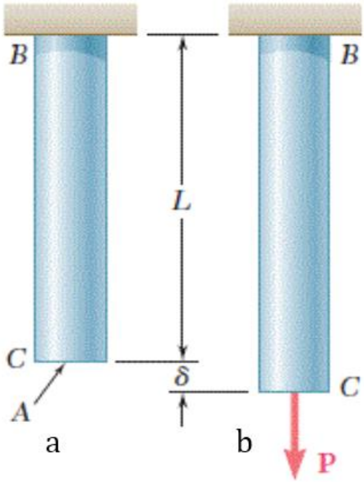
دساختمانونو ، ماشین الاتو او عناصرو دطرحریزي لپاره او همدارنگه هغي مقاومتي شمېرني لکه محکم والی ، شخي ،استواري ، دهغو د موادو پرمیخانیکي خواصو پوهېدل ضروري دي، کوم چي ساختمان تري جوړیږي.

نو ددي لپاره چي ساختماني مواد دېرزیات تر ازمایښت لاندي لکه کشش ، فشار ، بې ځایه والی، دوران ، شخي ، کوږوالی (انحنا) او نور څېړي اودپایلو یې گټه اخلي چي دموادو دمقاومت دمقدار څخه گټه اخیستل کیږي او که نه په اړه ئې تصمیم نیسي.

یو له دغو ازمایښتونو څخه کشش یا کششي دشکل بدلون دمحوري یا عمودي قوو له اغېزي دي.

په دي ډول آزمایښتونوکي دفلزاتونموني کاروي؛ پدي ځای کي عمودي یا نارملي کشش دمحوري باراچوني.

(Normal strain under axial loading) له اغېزي مطالعه کوو. د L په اوږدوالي د BC میله چي دمقطع مساحت یې A دی په نظر کي نیسو چي د B په نقطه کي ځوړندي شویده (37.3–شکل).



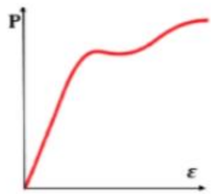
37.3–شکل:دقوې له اغېزې دمیلې داوږدوالي دشکل بدلون

که د P قوه دمیلې په اخري سر د C په نقطه کې وارده کړو دمیلې اوږدوالی د δ په اندازه اوږد پړي (د b–شکل)

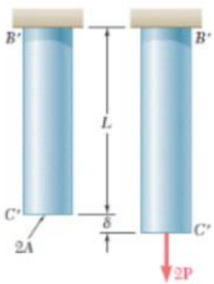
د P دقوې مقدار نسبت دشکل بدلون δ ته ګراف رسم شي یو مشخص دقوې دیاګرام اودشکل بدلون به په لاس راوړو (38.3 –شکل).

تشنجات او نسبې دشکل بدلون یې په لاندې ډول پیداکېږي.

$\sigma = \frac{P}{A} \quad ; \quad \varepsilon = {}^{\delta}/_{L}$



38.3 –شکل: دقوې او نسبې دشکل بدلون دیاګرام



39.3 –شکل: دقوې 2P له اغېزې دمیلې دشکل

پورتني دیاګرام دمیلې په تحلیل او څیړنه کېډ ګټور و مفهومونو لرونکی دی،ولې له هغې څخه نشو کولای چې دېوي بلې میلې چې نورې اندازې او عین مواد ولري راساً او په مستقیم ډول یې دشکل بدلون وړاندې کړو.

په رښتیا سره ګورو چې پیدا شوي دشکل بدلون δ د BC په میله کې د P قوې له اغېزې دې مګر د B'C' په میله کې چې اوږدوالی یې L مساحت یې 2A دې نو قوه ورته 2P لاژمه ده ترڅو چې همغه زیاتوالی داوږدوالي رامنځ ته شي(39.3–شکل).

دپادوولو وړ ده چې په پورته دواړو حالتو کې دتشنجاتو مقدار پخپل منځ کې سره مساوي اوبرابردي.

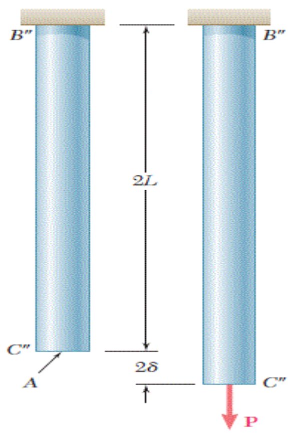
$$\sigma = \frac{P}{A} \qquad : \qquad \sigma = \frac{2P}{2A} = \frac{P}{A} \qquad ; \qquad \varepsilon = \frac{\delta}{L}$$

له بلې خواد P وارده شوې قوه د B"C" په میله ، په همغه مساحت A ولې د 2L په اوږدوالي د 2δدشکل بدلون په میله کې رامنځ ته کوي (3 .40– شکل).

یا دا دشکل بدلون چې دوه برابره دتغیر δ دی چې د BC په میله کې رامنځ ته شویدی مګر په دواړو حالتو کې دشکل بدلون نسبت پر اوږدوالي . دمیلې سره برابر دې یا :

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad ; \quad \varepsilon = \frac{2\delta}{2L} = \frac{\delta}{L}$$

په یوه میله کې عمودې کشش چې میله محوري بار شویوي یا امتدادي بار وي عبارت له : دشکل بدلون دمیلې دواحد په اوږدوالی کې دي.



3 .40– شکل: دمقطع مساحت ته دشکل بدلون داوږدوالي دوه برابره شویدی.

عمودي کشش د (ε) په یوناني توري ښودل کېږي: $\varepsilon = \frac{\delta}{L}$

دنارملي تشنج $\sigma = \frac{P}{A}$ نسبت پر $\varepsilon = \frac{\delta}{L}$ کششي دشکل بدلون باندې تشخیص شوي منحني دخواصو دهغې مادې په لاس راځي اوپه خاصو ابعادو دنمونې پورې اړه نلري، چې دا منحني کششي دیاګرام دموادو یادوي.

څرنګه چې پورته ذکر شول د BC میلې مساحت د سطحې دمقطع یکنواخت ثابت مساحت (A) دی کولای شو فرض کړو چې عمودي یا نارملي تشنجاتو σ مقدار په ټوله میله کې له یوه سرځخه تر بل سر پورې P/A ثابت دی[2], [5].

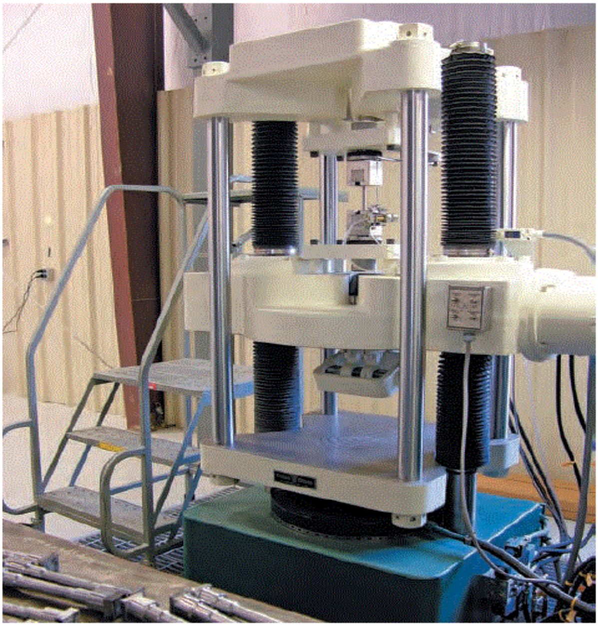
3 .5: دموادو کششي دیاګرام (دتشنجاتو- کشش دیاګرام) (Stress, strain Diagram)

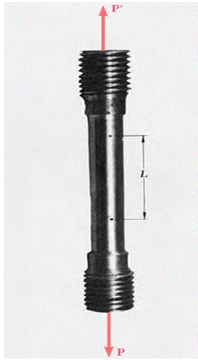
له تېرو شویو څرګندونو څخه پوهېږو هغه منحني چې د تشنجاتو اوکشش ترمنځ په یوه معلومه ماده کې رابطه ښایي، دهغې مادې مهمه مشخصه ګڼل کېږي. دکشش تشنجاتو د دیاګرام دلاس راوړلو په خاطر یوه نمونه دمادې په کشش کې ازمایش کوو، ددې ازمایش لپاره نمونې اودستګاه دازمایش په (3 .41 –شکل) کې ښودل شویدی.

دنمونې دمرکزي برخې چې مقطع یې استوانه یې شکل لري، مساحت یې په دقت سره ټاکل شویدی اود دې معیاري نمونې د L په اندازه یوه له بلې څخه فاصله لري، چې د L فاصله دنمونې داوږدوالي معیارې فاصله بلل کېږي چې دکشش اندازه په هغې کې تعین کېږي. هغه وخت چې نمونه دکششي ازمایش لپاره په دستګاه کې کېښودل شوي نود P– محوري قوه پرې واردوي ، په هره اندازه چې دP محور ي قوه زیاتوالی مومي ، د L فاصله د دوو معیاري نمونو تر منځ هم زیاتیږي. د L فاصله دعقربه لرونکې صفحې یا اندیکاتور پواسطه اندازه کېږي.

په پورته ازمایش کې داوږدوالي زیاتوالی (δ) د P محوري قوې دهر مقدار سره ثبت کېږي اوددې ترڅنګ دعقربه دارې صفحې یا اندیکاتور پواسطه داوږدوالي بدلونونه دسنجش لپاره ثبت کېږي.

د P محوري قوې او داوږدوالي ازمايشي زياتوالي په نظر کې نيولو سره ، تشنجات (σ) له وېش دمحوري قوې (P) دمقطع په مساحت (A) څخه اوکشش يانسبې دشکل بدلون له وېش دزياتوالي داوږدوالي (δ) پر معياري اولېنې اوږدوالي (L) څخه دمحاسبې لپاره په لاس راځي وروسته دکششي دياګرام منحني نظر تشنج σ اونسبې تغيير شکل (ε) ته د محورونو دپاسه رسموو (3 . 43- شکل).



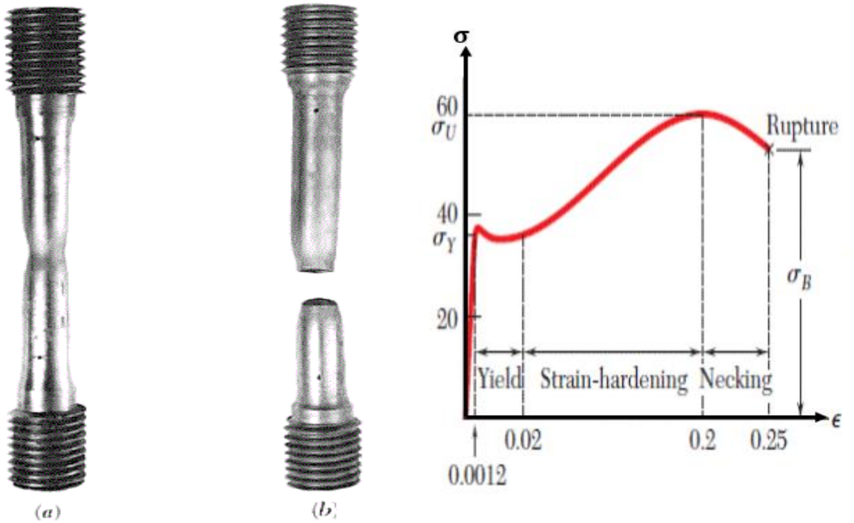


3 . 41-شکل دموادودکشش: دازمايښت دستګاه او دآزمايښت نمونه



3 . 42-شکل : دموادودفشار دازمايښت دستګاه او دآزمايښت نمونه

3 .43 –شکل :دکم کاربنه فولادو–کششي دياګرام



د(3 .43–شکل)دکم کاربن لرونکې فولادوکششي دياګرام دلاندې مشخصاتودرلودونکي دي:

a . دتناسب حد(Proportional Limit)

b . دالاستيکيت حد(Elastic Limit)

c . دسياليت حد (Yield Point)

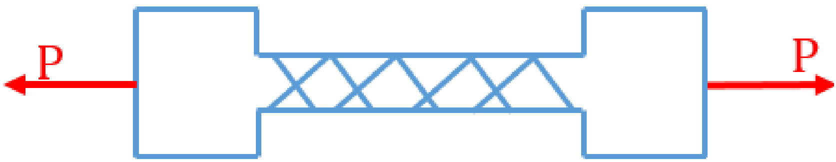
d . دمحکم والي حد(Ultimate Strength)

k . دماتوالي نقطه (Rupture Point Strength)

د(oa)خط :دد ياګرام اوله ناحيه ده چې دشکل بدلون اوتشنج ترمنځ مستقيمه رابطه په دی ناحيه کې موجوده ده چې دهوك دقانون څخه پيروي کوي چې ددې ناحي تشنجات دحدتناسب دتشنجاتوپه نوم يادېږي .

د(ab)خط یا ناحیه :ددیاګرام دارتجاعیت ساحه ده او ددې ناحیې تشنجات دحد ارتجاعیت دتشنجاتو په نامه یادېږي دحدارتجاعیت تشنجات دسیالیت حد تشنجاتوسره ډېرنږدې دي اوکولې شوچې هغه مساوي قبول کړو .

(bc)خط یا ناحیه:ددیاګرام چې په دې کې محوري قوې ثابتې پاته کېږي کوچنۍ کېږي مګردشکل بدلون دمقطع دوام مومي اوزیاتوالي مومي پدې مرحله کې نمونې په سطحې ځنډوکې چلیپا ډوله صیقلي خطونه چې دنمونې دمحورسره (45°)درجې زاویه جوړوي پیداکېږي . داحقیقي خطونه دلومړي ځل لپاره روسي عالم چرنوف کشف کړل اودهغې دزیاتوالي اوراپیداکیدوعلت یې دکریستالونوښویدنه (لغزش) دي چې دازمایش لاندې وه ، نسبت یواوبل ته ثبوت کړل نوپه دې سبب دمادې دا خطونه دچرنوف دخطونوپه نوم یادوي اوددې ناحیې تشنجات دحد سیالت تشنجاتو په نوم یادیږي.



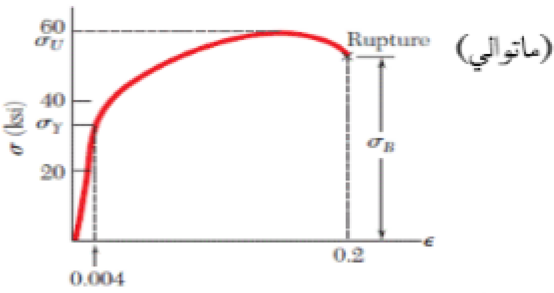
3 .44 –شکل:دچرنوف دخطونو بېلګه

د(cd)ناحیه :د باراچوني په دې مرحله د کې دنمونې په مقابل کې مقاومت شکل په تغیر کې زیاتیږي لدې امله داناحیه دمحکم والي ناحیې په نوم یادېږي ، دیاګرام د(d)په نقطه کې زیاته قوه له ویجا ړیدنې زغمې.دنمونې دمقطع مساحت دشکل بدلون په هغه صورت کې چې بارشي تر (d)نقطې پورې دومره محسوس نه دي یاخاصوالی نلري ،اودنمونې په ټول اوږدوالي کې یوشان دي لدې وروسته بارونه یې یا د(d)له نقطې څخه تر(k)نقطې پورې دنمونې په مقطع کې نرموالي (باریکې) منځ ته راځي چې دغاړه کې (ګردنك)پنوم یادږي.

دنرموالي او باريکې دځرګنديدو سره د مقطع مساحت کموالي مومي ،او دقوې د کموالي مقدار سره دشکل بدلون زياتيږي ،او د(K)په ټکې کې نمونه تخريبږي.تشنج پدې مرحله کې په لاندې ډول دي:

$$\sigma = \frac{P_{max}}{A}$$

په کشش کې دتشنج منحني دبيلا بيلو موادو رنګه رنګ ديوه اوبل سره زيات توپير لري ،او آزما ينبتونه دموادو په کشش کې يوشان نه وي ، ديوه ډول موادو لپاره هم امکان لري متفاوتې پايلې ولري چې دنمونې دحررات په درجه ،سرعت دبار اچوونې اونورو پورې اړه لري (3. 45– شکل).



3. 45– شکل: دالمونيمي نمونې کششي دياګرام

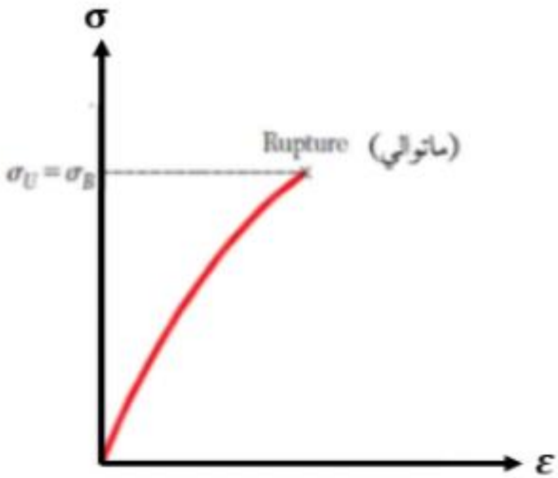
سربيره پردې کولې شو چې دتشنجاتو – کشش دياګرامونو منځنې برخه کې دمختلفو موادو ، مشترکې مشخصې تشخيص کړو،اودد ې مشخصو په بنأ بيلابيل مواد په دوو اساسي ګروپو ، چې يوې شکل منونکې مواد(نرم) اوبل يې ماتيدونکې مواد دې تقسيم کړو.

شکل منونکې مواد چې ساختماني فولاد اونو رډېر دفلزاتو الياژونه پکې شامل وي په عادي حرارتونو کې دتسليميدو قابليت باندې مشخص کيږي.

هغه وخت چې نمونه دزياتيدونکې بار يا قوې لاندې نيسو نو په اول کې ئې اوږدوالي په خطي ډول ډېر ورو دبار سره زياتوالي مومي ، لدې خاطره دتشنجاتو کشش منحني اوله برخه مستقيم خط د ډير ورو يا آهسته ميلان سره وي ،چې پدې برخه کې دهوك قانون صدق کوي ، اوتشنج دهغې په نوم دحدتناسب سره يادېږي . مګر وروسته له هغې چې دتشجاتو مقدار بحراني حالت (σ_y)ته رسيږي ، نمونه نسبتاً په ډير کم بار

،بارشوي يا کم ،کموالي دبار يا ثابتوالي دبار يا قوي دشکل بدلون زيات منځته راوړي.داد شکل بدلون دمايلو سطحوپه امتداد دمادې دماليکولونو لغړيدل دې ، او په عمده ډول غوڅوونکې عرضي تشنجاتو دې ،هغه څه چې له دوو نمونو دشکل منوونکې مادې دتشنجاتو کشش له منحنې کولي شو پيدأ کړوهغه دادې چې داوږدوالي زياتوالي دنمونې وروسته له شروع دتسليميدو ، امکان لري (200)برابره دشکل بدلون دهغې مخکې له تلسميدو څخه وي پس لدې دبار مقدار اعظمي حد ته رسيږي ، دنمونې يوې برخې قطر دځايې ناپيداري له وجهې په کموالي پيل کوي ، چې دا پديده نري والي ، باريکې نوميږي.

وروسته له پيل دنرې والي څخه لاژمه او کافې ده چې کوچنې بارونه په نمونه وارد کړو تر څو ډېر زيات والي داوږدوالي په لاس راوړو ،په پايله کې نمونه تخريب کيږي او ليدل کيږي چې ماتوالي په مخروطي سطحه دنمونې کې واقع کيږي چې دلومړنې سطحي دنمونې سره تقريباً (45°)زاويه جوړوي .دا موضوع څرګندوي چې غوڅاونه (برش)په عمده ډول دماتوالي دموادو سبب کيږي ، البته دشکل منوونکو مواد ،اوهم دا واقيعت ثابتيږي چې د محورې بار لاندې غوڅوونکې تشنجات په سطحو کې دقوې په امتداد(45°)زاويه جوړوي ، چې لوی مقدا رلري .



46.3–شکل :دماتيدونکو موادو کششي دياګرام

(σ_y)متناظردې دپیل دتسلیمیدوته ،(σ_u)تشنجات متناظر دې اعظمي مقدار دبار یا وارده قوې ته ، اونمونې ته آخیري محکمې ورکوي ،او (σ_B)متناظرماتوالي یا سستوالي ىدي چې محکمې ته ماتوالي ورکوي .(σ_y)متناظردې تسلیمیدوته یا محکمې دمادې تسلیمیدوته هځوي .دماتیدونکو موادو مشخصه چې چدن ، شیشه اونورېکې شامل دي تخریب یا ماتوالي دهغې بیله تغیر څخه ، په زیاتوالي داوږدوالي کې منځته راځې پدې ترتیب سره دماتیدونکو موادو لپاره نهایې محکموالي (استحکام) او دماتوالي استحکام کوم تفاوت نه لري ،همدارنګه د ماتیدونکې موادو په کشش کې ماتوالي ډیر کوچني نسبت شکل قبلوونکو موادوته وي . دماتیدونکو موادو له دیاګرام څخه موندلي شو، چې ماتیدونکې مواد نرم والي یا نري والي (باریك شدن)نلري ،اووینو چې ویجاړیدنه دنمونې له سطحي عمود ده پر بار لویږي، دپورته لیکني دې پایلې ته رسیږو ،چې په عمده ډول عمودې تشنجات دماتیدونکو موادو دویجاړیدنې (ماتوالي)سبب ګرځي(3 .46 - شکل).

دتشنجاتو کشش منحني څرګنده وي چې فولاد او المونیم چې دواړه شکل قبلوونکې دې دتسلیمیدو متفاوتي مشخصي لري.دساختماني فولادوڅخه وروسته له پیل دتسلیمي څخه په ډېر زیات مقدار تشنجات پاتي کېږي، ددې لپاره چې اوږدوالي دنمونې دوامداره شي ، نو تشنجات باید زیات شي ، تر څو چې اعظمې (σ_u)مقدار ته ورسېږي .

دا مسله دهغې مادې خاصیت دي چې په نوم دکشش سختې سره یادېږي، دساختماني فولادو د محکموالي تسلیمي کولي شو چې په ښودونکې عقربې دقوې سره دکشش دآزمایش په وخت کې وټاکو ، دزیاتوالي دقوې څخه لیدل کېږي چې یو ناڅاپه یا بې خبره قوه یا بار کمیږي.

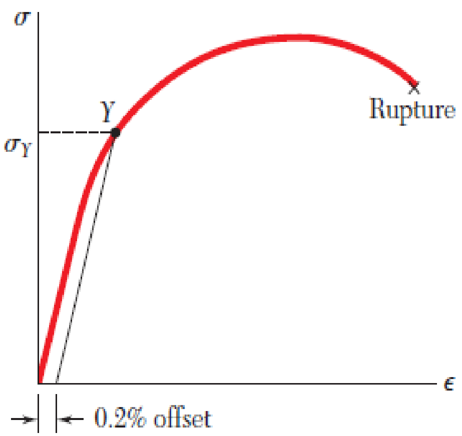
دالمونیم دیاګرام اونور ډېر شکل قبلوونکې مواد یاالاستیکې مواد ،دتسلیمي پیل (سیالیت) دتشنجاتو کشش منحني په افقي برخه کې نه مشخص کېږي اویا دسیالت میلان نلري . او دتشنجاتو شکل بدلون زیاتوالي په غیري خطي ډول سره روان وي ، تر څو چې آخیري محکمې ته ورسېږي او وروسته نري والي پیل کېږي او نمونه نرمیږي

ددې ډول موادو لپاره کولي شو دتسلیمدو محکمې یا دسیالیت منځته راتګ دانحراف په ډول وټاکو. یا د سیالیت له حدڅخه هغه وخت ګڼه اخیستل کېږي (σ_y) چې دتسلیمیدو منحنې (σ_y)په انحرافي ډول وټاکل شي ، دمثال په ډول : دسیالیت په حد کې یا تسلیموالي په (0,2%) انحراف کې خطي رسم کېږي، ($\varepsilon = 0{,}2\%$)له نقطې ($\varepsilon = 0{,}002\%$)دافقي محورپر مخ او موازي دلومړنې مستقیم خط سره دتشنجاتو کشش منحنې په لاس راځي.د(σ_y)تشنجات د(y) نقطې متناظر دې (0,2%) دمحکمې دتسلیمیدو ټکې ټاکي .

شرطي دسیالیت حد هغه مقدار دتشنجاتو وي چې مطابق دهغې اوږدوالي دکاري برخې دنمونې (0,2%)پاتې شوي دشکل بدلون منځته راځي ، اوپه لاندې ډول ښودل کېږي ($\sigma = 0{,}2\%$)دیوې مادې دشکل قبلولو ستندرد اندازه داوږدوالي دبدلون له فیصدې څخه په لاس راځي .

$$\text{داوږدوالي زیاتوالي فیصدي} = \frac{L_B - L_o}{L_o} \times 100\%$$

په پورته فورمول کې (L_o)او(L_B) په ترتیب سره لومړنې اوږدوالي دنمونې دکششي آزمایښت لاندې ، اوآخیري اوږدوالي دتخریب یا ماتوالي په حالت کې دي،دمعمولي فولادو یوه نمونه چې داوږدوالي زیاتوالي ، کم ترکمه (50mm)دسیالیت دتشنجاتو څخه لوړ له (350mpa) چې له (21%) سره برابر دي ،پدې مانا چې اوسطي کشش په تخریب کې $({}^{0{,}21mm}/_{mm})$ دي .



3 . 47–شکل:دشرطي سیالیت حد

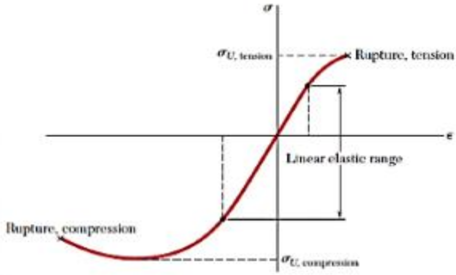
یوبل معیار یا اندازه چې کله دشکل قبلولو لپاره پکاریږي ، دمقطع مساحت دکموالي فیصدي ده چې:

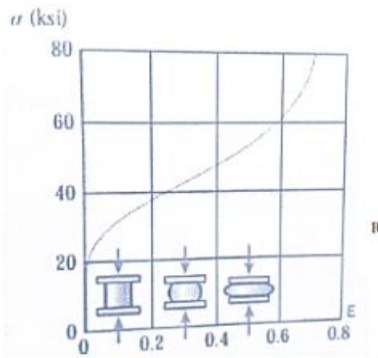
$$\text{دمساحت دکموالي فیصدي}=\frac{A_o-A_B}{A_o}\times 100\%$$

په پورته فورمول کې (A_o) او (A_B) په ترتیب سره دنمونې اولنې مساحت دمقطع او اصغري مساحت دمقطع دسطحې دې چې په هغه وخت کې ماتوالي ته نږدې کېږي . دساختماني فولادو لپاره دمساحت دکموالي فیصدې له (60) څخه تر (70) فیصدو پورې دې.

تر اوسه پورې مو دکششي آزمایښتونو په اړه خبرې کولې که اوس یوه شکل قبلوونکې ماده دکششي بار پر ځای دفشاري بار لاندې راشي نو دتشنجاتو کشش په لاس راغلي منحني به یې همغه لومړي ښي برخه اوهمغه دحدسیالیت برخه دکشش سختي وي . دا یو واقیعت دې چې دمعلومو فولادو لپاره دسیالت حد په کشش او فشا رکې یو شان دې ، مګر په ډیرو لویو اندازو اومقدارونو دکشش کې د فشاري او کششي تشنجاتو منحني یوه له بلې لري والي پیدأ کوي . باید په یاد و لرو چې نري والي په فشاري مقطع کې نه واقع کېږي . دډېرو ماتیدونکو موادولپاره آخیري محکم والي (استحکام) په فشار کې ډیر زیات نسبت آخیري محکم والي دکشش ته وي . دا نواقص لکه میکروسکوپي لوړی ژوري اودرزونه دې چې ماده په کشش کې کمزوري کوي ، پداسي حال کې چې دمادې په مقاومت باندې خاصه آغېزه فشاري ماتوالې نلري .

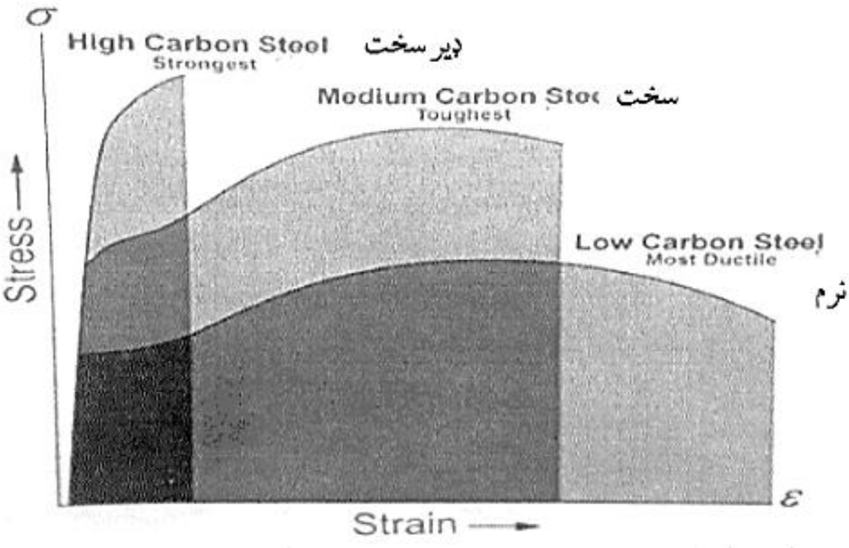
دتشنجاتو کشش دیاګرام دماتیدونکې مادې لپاره چې په فشار اوکشش کې مختلف خواص لري دکانکریټو پواسطه پیدأ کېږي(3. 48)شکل کې لیدل کېږي چې کششي برخه ددیاګرام ،لومړي یوه کششي فشاري راټوله شوی لمن په خطي ډول لیدلی شو چې کشش متناسب له تشنجاتو سره دی ، کله چې دتسلیم یا سیالیت حد ته رسېږي کشش نظر تشنجاتوته چټك کېږي ترڅو چې تشنجات دماتوالي سبب ګرځي[2],[4].





3. 48–شکل:دکانکریټو فشاري – کششي دیاګرام   3 . 49–شکل:دمسو دفشار دیاګرام

3 . 50–شکل:دفولادو دمختلفو ډولونو دیاګرام نظر دکاربن مقدار ته

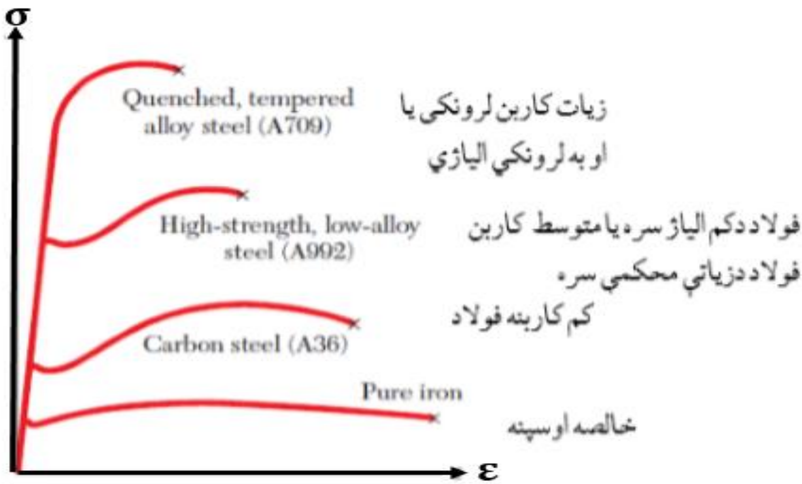


3 . 6–دارتجاعيت مودول(دهوك قانون)، (Hooks Law Modulus of Elasticity)

ډېر انجينري ساختمانونه پدې ډول طرحه ريزي کېږي، چې نسبتاً کوچني دشکل بدلون درلودونکې وي ، اوبواخې دتشنجاتو کشش دياګرام دمستقيم الخط په برخه کې صدق کوي.



3 . 51–شکل: دنسبي تغير شکل دياګرام ،تشنجات نظر دهوك قانون ته



3 . 52–شکل:د اوسپني او مختلفو فولادو کششي دياکرم

تشنجات(σ) دنسبې تغير شکل سره مستقيم نسبت لري ، او کولای شو چې وليکو:

$$\sigma = E \times \varepsilon$$

پورتنې رابطه رياضي پوه انګلسي عالم رابرت هوك (1635–1703)ثبوت کړيده او دده په افتخا ر نومول شويده او دهوك دقانون په نوم يادېږي .(E)–دارتجاعيت مودول(الاستيسيته) دمادې دې اودهر ډول موادو لپاره دا آزمايښت له طريقې څخه په لاس راځي، اوفورمول يې په لاندې ډول دې :

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$$

دا ضريب ديوه بل انګليسي عالم توماس يونګ(Thomas young)(1773–1829)په تجربوي ډول ثبوت مړی چې د يونګ مودول نوميږي.

دهغې ځايه چې نسبې تغير شکل (ε) بې واحده کميت دې ، اود (E) مودول د (σ) واحدات دځان لپاره قبلوي او په (SI) سيستم کې په (mpa) باندې اندزه کېږي .

دساختماني فلزاتو ځني فزيکې خواص لکه محکم والي يا استحکام ، شکل قبلونه ، مقاومت په مقابل دښتك خوړلو کې اونور کولي شو ، دالياژ جوړونې حرارتې عملياتو او دجوړاوني له پروسو تر يوه زيات حدپوري بدلون ورکړو.

دمثال په ډول په کششي دياګرام دخالصي اوسپنې او نور دري ډوله فولادوکې ليدل کېږي ، (3. 52–شکل)چې دمحکم والي له مخې آخيري دشکل بدلون يا آخيري کشش (شکل قبلوونه) په دې څلوروفلزاتوکې موجود دې.

مګر ټول څلور واړه يوډول دارتجاعيت مودول لري. يا په بل ډول توان يا زور اويا مقاومت دهغوې دشکل بدلون په مقابل کې (دمستقيم خط په لمن کې) يوډول دې .

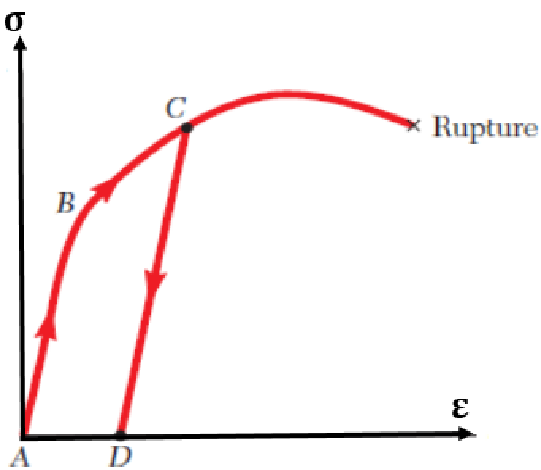
پس که چېرې په يوه معلوم ساختمان کې دکم مقاوموفولادو په ځاي دزيات مقاومت فولاد ځاي پر ځاي شي په هغه صورت کې چې ټول ابعاد يو شان وي نو ساختمان دزيات بار دوړولو او زغملو ظرفيت لري ، ولي توانايې دهغې بې له بدلون څخه پاتې کېږي. [2],[10]

3 . 7 الاستیکیت اوپلاستیکیت دموادو(Elastic and Plastic of Materials)

که په یوه آزمایښي نمونه باندې قوي واردې کړو نو دشکل بدلون پکې منځته راځي ، او که معلومي قوي یا بارونه له نمونې څخه لیرې کړو اومنځته راغلي دشکل بدلون له منځه ولاړ شي اونمونه لومړني حالت ته راوګرځي ، نوویل کیږي چې دنمونې ماده لرونکي دالاستیکیت یا ارتجاعیت دي . ډیر زیات مقدار دتشنجاتوچې په همدې وخت کې په ماده کې منځته راځي دحد ارتجاعیت تشنجاتو په نوم یادیږي.

که چېرې یوه ماده دبارآچووني له آغیزي دتسلیم (نرموالي یا سیالیت)کاملاً مشخصه نقطه ولري نو پدې حالت کې دارتجاعیت حد تشنجات ، حدتناسب اودتسلیم ټکي دهغې په خپل منځ کې سره یو شانته دي .یا په بل عبارت ماده دارتجاعیت دشکل بدلون او مستقیم الخط تګ چې تشنجات دتسلیم تکې (نقطې) لاندې وي ساتي ،هغه وخت چې بار ترې پورته شي ، تشنجات او دشکل بدلون حد په خطې ډول د (CD)خط په امتداد چې موازي دي (AB)مستقیم الخط سره دې له منحنې څخه بار آچونه کمیږي.

دا واقیعت چې(ε) وروسته دبار له لیرې کولو څخه صفر ته نه را ګرځي،نوددې ښکارندویې کوي چې په ماده کې دشکل بدلون پاتې شوي نو په ماده کې پلاستیکیت واقع شویدي .



3 .53–شکل :دموادو الاستیکیت دیاګرام

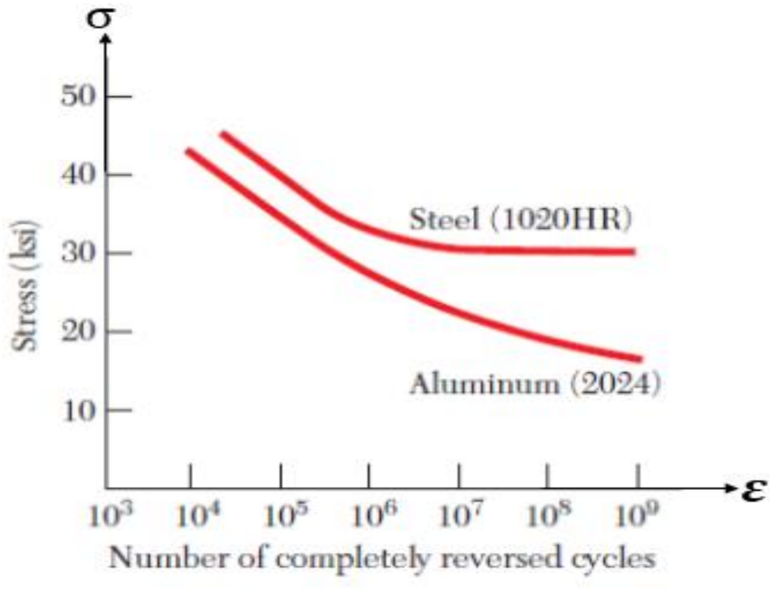
په ډیرو موادو کې پلاستیکي دشکل بدلون نه یواځې په اعظمي تشنجاتو، بلکه په هغه تېر شوی وخت چې مخکې دلېري والي دبار څخه وو،اړه لري .
هغه مواد چې ډېر دشکل بدلون قابلیت ولري او دمعلومو قوو داغېزې لاندې تخریب نه شي دپلاستیکي موادو په نوم یادېږي.دموادو پلاستیکیت په تکنالوژیکي عملیاتو کې لکه سیم جوړونه ،ټاپه کاري اونور دډېر ښه والی درلودونکي دي.
په هره اندازه چې دشکل بدلون (δ)زیات وي په همغه اندازه پلاستیکیت دموادوزیات وي ، مس اوکم کاربن لرونکي فولاد دپلاستیکي موادو له جملې څخه شمېرل کېږي . المونیم ، برونز ، جست اودزیات کاربن درلودونکي فولاد هغه مواد دي ، چې پلاستیکیت یې نسبتاً کم دي .ماتوالي (ماتیدنه) دموادویه خلاف دپلاستیکیت دموادو دي ،اودبارو یا قوو داغېزې لاندې بې له پاتې شوي تغیر شکل څخه ویجاړ یا ماتوالي پیدا کوي.دماتیدونکو موادو داوږدوالي دزیاتوالي نسبي فصیدي(2–5%)په حدودو کې دي[3].

3 . 8 پرلپسې بار آچونه ،ستړتیا(Repeated Loadings , Fatigue)

څرنګه چې مخکې مووویل اعظمي تشنجات دنمونې چې دارتجاعیت حد تشنجاتودمادي څخه زیاتوالي ونکړي نو که بار ترې لېرې شي نمونه لومړې حالت ته راګرځي.په حقیقت کې دې پایلې ته رسیږو چې یوه معلومه بارآچوونه کولي شي ډېر ځله په دوامداره توګه تکرار کړو ،په هغه شرط چې تشنجونه دارتجاعیت په حدکې باقې پاتې شي . دا پایله له دوامداروتکراري بارآچونې په خپل حد کې لسګونه واره او یا څو سلګونه واره دروسته ده ، لکه څرنګه چې ګوروهغه وخت چې دوامداره با رآچونه په زر هاوو او میلون هاوو واري تکرار شي نو بیا دا پایله یا نتیجه دروسته نده.
پدې ځای کې دډېرو کمو تشنجو لاندې چې دمحکم والي حدله تشنج څخه کوچني وي ستاتیکي ماتوالي یا ویجاړیدنه منځته راځې ،چې همدې پدیدې ته ستړتیا ویل

کېږي،تخریب یاویجاړېدنه بېله سترتیا حتی دموادولپاره چې عادې حالت کې شکل قبلوي دماتوالي ماهیت لري، سترتیا په ټولو اجزأوو دساختمانونو ،پرزه جاتو او

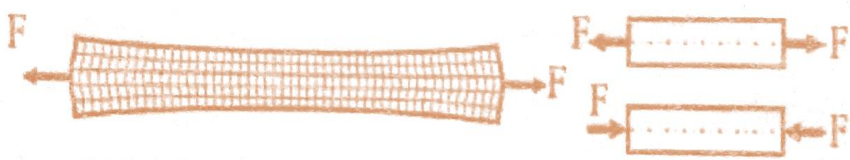
ماشینونو په طرحه ریزي کې متغیره ده . دمثال په ډول صنعتي جر سیقل شاه تېر امکان لري په (25)کالو کې زیات له دوه میلیونو وارو بار شي په هره کاري ورځ کې (300)واره (ځلې)بارېږي دیوه موټر کرنکشافت چې(200000)میله فاصله ووهي ، او یو توربین کیداي شي ، دخپل عمر په اوږدوالي څو سوه میلیونه واره بار ګذاري شي ، شمېره دسیکلونو دیوې نمونې دتخریب لپاره کولاي شو په آزمایښتي ډول دپرلپسي بارونې او تکراري بارونې او دهغې معکوس چې اعظمي تشنجات یې په نظرکې ونیسو معلوم کړو.
که چېرې یو مقدار آزمایشونه دمختلفو اعظمي تشنجاتوپه ګټه آخیستنې اجرأ شي دهغې دارقامو څخه په ګټه آخیستنه کولي شو چې منحني $(\sigma - m)$ رسم کړو[3].



3 . 54–شکل:دشکل بدلون دسیقلي بارونو له اغېزې

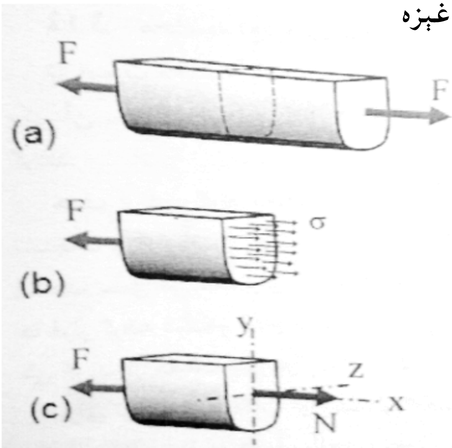
3 . 9داخلي قوې اودکشش–فشار په حالت کې تشنجات

کشش اوفشار ساده دشکل بدلون دي چې دمحوري بار آچووني له اغېزې منځ ته راځي . یا ګاډر د خپل محورسره موازي باراچووني په صورت کې چې محور دګاډر په عرضي مقطع کې ځای لری دشکل بدلون رامنځته کېږي.(3 . 55– شکل).



3 . 55–شکل:دجسم یامیلې کششي– فشاري دشکل بدلون

دقوو له عمل څخه په ګاډر یا میله کې دشکل بدلون پیدأ کېږي، چې نظر دقوو ډول ته کیداي شي چې فشارې یا کششي وي.دمسایلو دحل په خاطر که فشا رې یا کششي وی دغوځې (قطع)له طریقې څخه ګټه پورته کوو.څرنګه چې (3. 56– شکل) کې لیدل کېږی یو ګاډر ددوو کششي قوو داغېزې لاندې راغلي دي پورتني ګاډر دیوې خیالي مستوي پواسطه قطع کوو اویوه خوایې مطالعه کوو. مخکې وویل شول چې دجسم ذرات یوپر بل باندې متقابله آغېزه لري دا اغېزې دقوو ،تشنجات منځ ته راوړي او په پایله کې دداخلي قوې (N) دپیدااېښت سبب ګرځي، همدأ قوې دتعادلي معادلو څخه پیدأ کولي شو.



3. 56–شکل:په مقطع کې دنارملي قوو عمل

په کشش او محورې فشار کې ليدل کېږي چې دشپږو محاسبوي فکتورو څخه يوازې يويې په همدې محاسبه کې کارنده رول لري : $N = \sum Fx$

پيدأ شوي تشنجات په ګاډري مقطع کې پدې ډول دي :

$$\sigma_x = \frac{dN}{dA} \quad , \quad N = \int_A \sigma_x \, . \, dA \quad , \quad \sigma_x = \text{Constant}$$

دبرنولي دفرضيې په بنأ په عرضي مقطع کې تشنجات په مساوي ډول وېشل کېږي ،اوهمدارنګه ديوي بلې فرضيې په اساس ويل کېږي چې مقطعې مخکې دشکل بدلون څخه او وروسته له هغې پخپل منځ کې موازي وي او دهغې موجوديت په مستوي (سطحه) کې دکوم بدلون سره نه مخامخ کېږي .پس کولي شو چې وليکو :

$$\sigma_x = \frac{N}{A} \quad => N = \sigma_x \times A$$

3 . 10 دامتدادي قوو محاسبه (کششي او فشاري) او دهغې دياګرام رسمول:

په کشش او فشار کې دميلې يا دګاډر محاسبه له شپږو فکتوروڅخه يوازې امتدادي قوه پيداکېږي او نور پنځه داخلي فکتورونه شمېرنې ته نه شامليږي .

ددې ډول محاسبې څخه موخه دداخلي امتدادي قوې پيدأ کول دي کومه چې په جسم کې تشنجات او دشکل بدلون رامنځته کوي ،ددې ډول شمېرنې لپاره دقطعې له طريقې څخه ګټه پورته کوي،ددې لپاره چې پوه شو چې څومره مقدار قوه دګاډر کومه برخه داغېزې لاندې راوستې ده او کومه برخه دګاډر خطرناکه ده دداخلي قوو اپيور يې رسموو.په حقيقت کې اپيور دميلې يا ګاډر په امتداد دقوو وېش دياګرام ته ويل کېږي.

داپيور درسمولولپاره لاندې ټکي په پام کې ونيول شي :

1.صفري کرښه (محور)هروخت موازي دميلې له محورسره رسم شي.

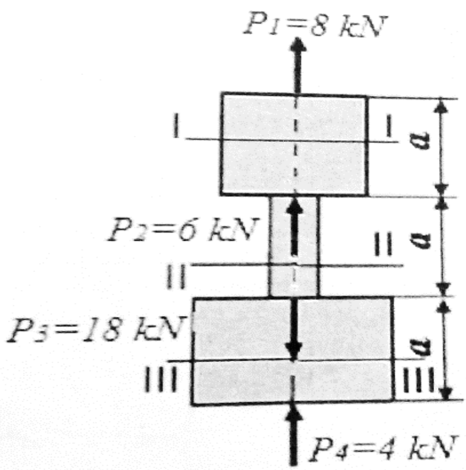
2.دپيدأ شوو قوو اندازه وي مقدار په يوه معلوم مقيا س په صفري محور باندې عمود اً جدأ او رسم شي.

3.په صفري محورباندې داپيورونو خط کشي کول په عمودي ډول بايد اجرأ شي .

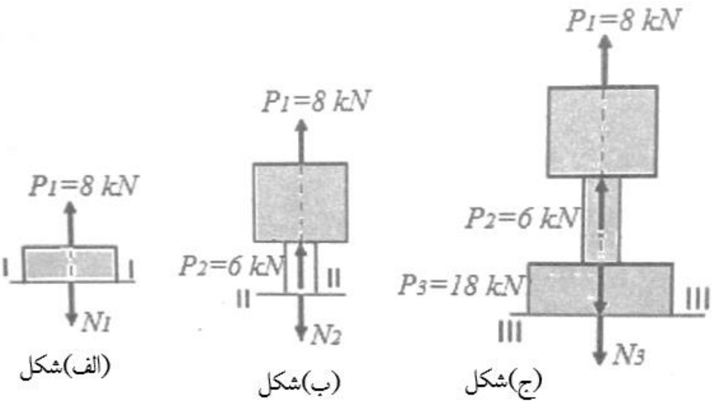
4.کله چې اپيورونه په مقياس رسم شي نو د مثبتو قوو قيمتونه دمحورپه پورتنۍ برخه کې په (+)علامه او که محور په عمودي ډول موقيعت ولري کينې او ښي خواته رسم کېږي ،او که قيمت دقوو منفي(−) وي نو دافقي صفري محور لاندې په منفي (−)علامه ،اوکه عمودي وي کينې اويا ښي خواته رسم کېږي [2] ,[7].

5.مثال:− يوه ميله دبهرنيو قووله اغېزې (P4,P3,P2'P1)د(3. 57− شکل) مطابق ،لاندې راغلي ده ، دامتدادي قوو اپيوريې دبهرنيو قووله اغېزې رسم کړي[2].

حل: دراکړل شوي ګاډر په دريو برخو کې غوڅوو او څيړو يې :



3 . 57−شکل:بارشوي ګاډر



a–اوله غوڅه(الف)شکل

$$N_1 - P_1 = 0 \quad => \quad N_1 = P_1 = 8KN$$

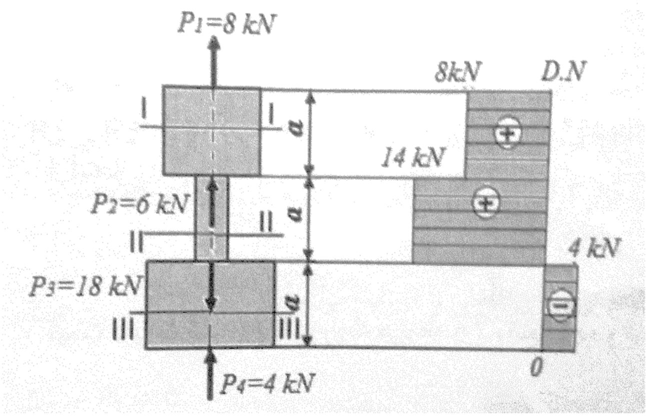
b–دوهمه غوڅه(ب)شکل

$$N_2 - P_1 - P_2 = 0 \quad => \quad N_2 = P_1 + P_2 = 14KN$$

c–دریمه غوڅه(ج)شکل

$$N_3 + P_3 - P_1 - P_2 = 0 \quad => \quad N_3 = P_1 + P_2 - P_3 = -4KN$$

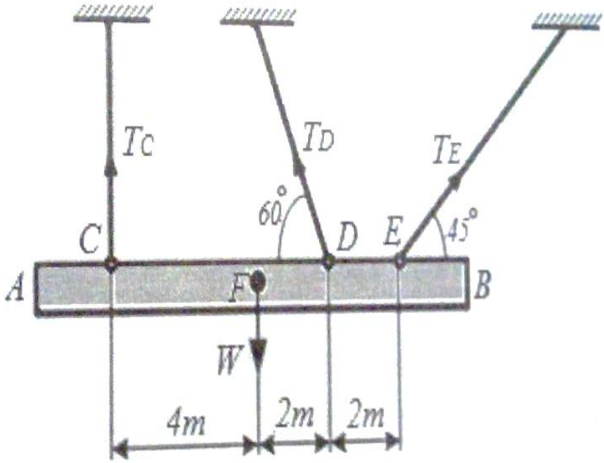
اوس اپیور یا دیاګرام دقوو وېش دمیلې دمحورپرمخ رسموو:



3 . 58–شکل:دامتدادې قوو اپیور

6.مثال: یوه پل چې د (AB) فرم څخه جوړېږی دمنتاژ له پاره ئې له دریو کیبلوڅخه ګټه اخلو چې د(C,D,E)په نقطو کې تړلي دي،که چېرې وزن دفرم (W=42KN)وی او د ثقل مرکز دفرم د(F)نقطه وي ، دکیبلونو کششي قوې پیدأ کړي[2].

حل:–پوهېږو چې کششي قوې دکیبل په امتداد کې وي ، چې کولي شو دستاتیکې معادلو له طریقې د(x)او(y)په محورونو او مومنټ دهغې قوونظر یوې نقطې ته پیدأ کړو.ددې کار لپاره یې ستاتیکې معادلې ترتیب کوو : (3. 59– شکل.).



3 . 59–شکل:دفریم شېما

$$\sum Fx = 0 => -T_D \cdot \cos 60^\circ + T_E \cdot \cos 45^\circ = 0 => T_D = \frac{T_E \cdot \cos 45^\circ}{\cos 60}$$

$$\sum Fy = 0 => T_c - W + T_D \cdot \sin 60^\circ + T_E \cdot \sin 45^\circ = 0 =$$

$$> T_c - W + \frac{T_E \cdot \cos 45^\circ}{\cos 60^\circ} \cdot \sin 60^\circ + T_E \cdot \sin 45^\circ = 0$$

د(T_E)یا(T_D)دپیدأ کولو لپاره د(C)ټکي ته مومنټ نیسو:

$$\sum Mc = 0 => T_E \sin 45^\circ \cdot 8 + T_D \cdot \sin 60^\circ \cdot 6 - W \cdot 4 = 0 =>$$

$$T_E = \frac{4 \cdot W - 6T_D \cdot \sin 60^\circ}{8 \cdot \sin 45^\circ}$$

د(T_E)پورتني قیمت د(T_D)په رابطه کې وضع کوو:

$$T_D = \frac{4 \cdot W - 6T_D \cdot \sin 60^\circ}{8 \cdot \sin 45^\circ} \left(\frac{\cos 45^\circ}{\cos 60^\circ}\right)$$

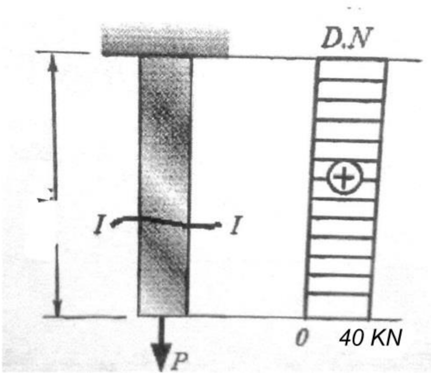
وروسته له ترتیب او دقیمتونو له وضع کولو څخه لروچې :

$T_D = 18{,}3KN$, $T_C = 17KN$, $T_E = 12{,}94KN$

7.مثال: یوه میله د ($P = 40KN$)قوې تر اغېزې لاندې راغلې دې . دامتدادي قوې اپیوریې رسم کړي[2].

حل: دغوڅې له طریقې څخه په ګټه اخیستنې داخلي قوې یې پیدأ کوو :

څرنګه چې میله له یوې برخې تشکیل شویده ،نو یوه غوڅه یې دمحاسبې لپاره کافي ده .



3 . 60-شکل

$$\sum Fy = 0 => N - P = 0 => N = P = 40KN$$

دپورته پیدأ شوي شمېري په بنأ دامتدادي قوې اپیور یې رسموو.

8.مثال: یوه میله دمحوري قوو له اغېزې ($P_1 = 180N$)،($P_2 = 90N$)او ($P_3 = 30N$)د(3. 61- شکل)مطابق لاند ې راغلي ده داخلي امتدادي قوې یې پیدأ اواپیور یې رسم کړي؟

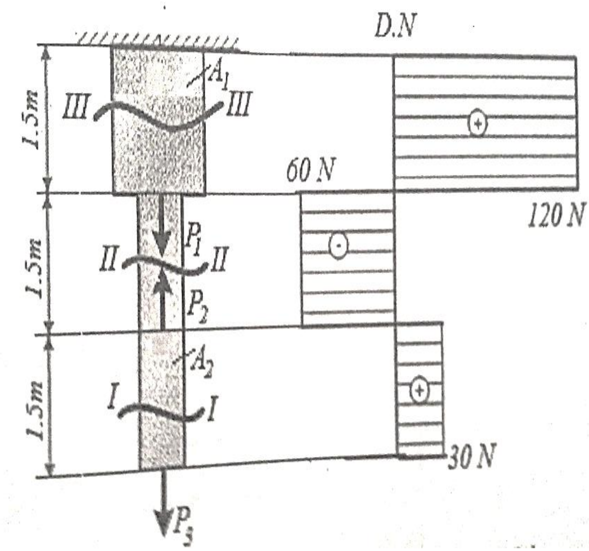
حل: دغوڅې له طریقې څخه په ګټه اخستنې داخلي قوې یې پیدأ کوو:

$Sec, N^o - I - I \quad ; \; N_1 = P_3 = 30N$

$Sec, N^o - II - II \quad ; \quad N_2 - P_3 + P_2 = 0 => N_2 = P_3 - P_2 = -60N$

$Sec, N^o - III - III \quad ; \quad N_3 = P_1 - P_2 + P_3 = 30 - 90 + 180 = 120N$

دپورته پیدأ شویو قیمتونو له مخې یې اپیورونه رسموو:



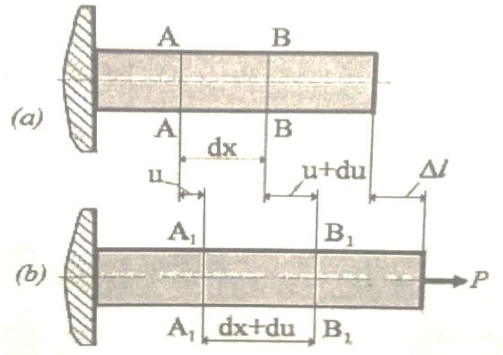
3. 61–شکل:بارشوي میله او دهغې اپیور

3 .11–په کشش –فشار کې دځاي (مکان) او شکل بدلونونه :

دکششي – فشاري بار آچونې له اغېزې دیوه ګاډر یا میلې ، یوه نقطه نسبت لومړنې موقیعت ته دځاي بدلون مومي په کل کې ګاډر دشکل بدلون کوي ، پدې مانا چې لنډوالي یا اوږدوالي پیدأ کوي.یوه میله د(3. 62–a او b)شکلونه په نظر کې نیسو چې (P) قوې پواسطه بارشویده دوې کیفي نقطې د(A–A)او (B–B)مقطعې جدأ کوو ،لیدل کېږي چې دقوې له اغېزې د(A–A) مقطع د ($A_1 - A_1$)موقیعت اختیاروي او د (u) په اندازه دځاي بدلون مومي او د (B–B)مقطع د($B_1 - B_1$)موقیعت اختیاروي اود(u+du)په اندازه بدلون مومي ،(3.623 – b شکل).د (du یوه ډېره بې نهایته کوچنې اندازه ده).د(A–A)مقطع دنقطو نسبې دشکل بدلون په میله کې دکشش په حالت کې په لاندې ډول وي:

$$\varepsilon_x = \frac{du}{dx}$$

دهوك دقانون پربنأ دکشش په صورت کې دارتجاعي موادو لپاره نسبي دشکل بدلون د نارملي تشنجاتوسره ارتباط لري پس:



3 .62– شکل:دجسم دشکل بدلون شېما

$$\varepsilon_x = \frac{\sigma_x}{E} \quad ; \quad \sigma_x = \frac{N}{A} \quad ; \quad \varepsilon_x = \frac{N}{E\,.\,A}$$

په پورته فورمول کې (E)–دارتجاعیت مودول (مودول یانګ)دې چې یو ثابت عدد دې ، دلابراتواري تجروبو په بنأ دهر ډول موادو لپاره جداګانه موندل کېږي ، مثلاً : دفولادولپاره ($E = 2\,.\,10^5$ mpa)دمسولپاره ($E = 1\,.\,10^5$mpa) دپورته فورمولو په نظرکې نیولوسره کولاي شو چې ولیکو:

$$\frac{du}{dx} = \frac{N}{E\,.\,A} \Rightarrow du = \frac{N\,.\,dx}{E\,.\,A}$$

دګاډر یا میلې ټوله اوږدیدنه مساوي په :

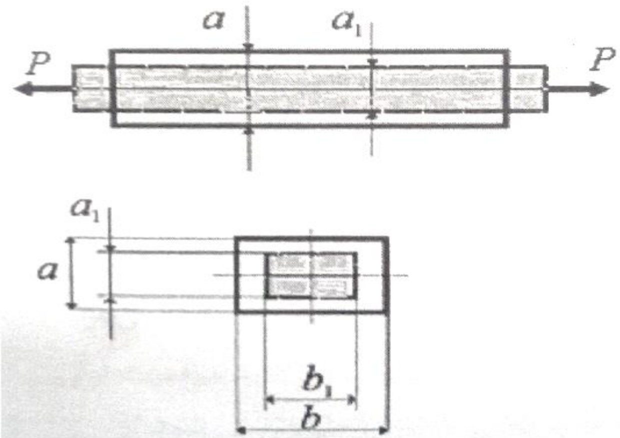
$$\Delta L = u = \int_0^L \frac{N\,.\,dx}{E\,.\,A}$$

په هغه صورت کې چې د(N،E،A)قیمتونه په امتداد دګاډر کې ثابت وي نومکمله اوږدیدنه په لاندې ډول پیدأ کېږي.

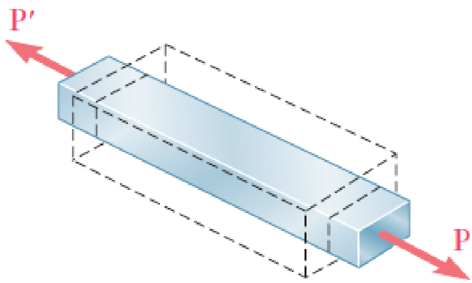
$$\Delta L = \frac{N \cdot L}{E \cdot A}$$

دیادولو وړ ده چې میله یا ګاډر پدې حالت کې نه یوائې امتدادي دشکل بدلون کوي بلکه په عرضي خوا هم دشکل بدلون مومي .

د(3 .63–شکل)عرضي دشکل بدلون عبارت له مخکې او وروسته دعرضي اندازو تغیر شکل دې :



3 .63 – شکل :دجسم عرضي دشکل بدلون



$\Delta a = a_1 - a$; $\Delta b = b_1 - b$

پدې مانا چې عرضي دشکل بدلون مخکې دشکل بدلون دجسم نسبت په وروسته دشکل بدلون دجسم دې .

$$\varepsilon_y = \frac{\Delta a}{a} \quad ; \quad \varepsilon_z = \frac{\Delta b}{b} \quad ; \quad \varepsilon_y = \varepsilon_z = \varepsilon$$

دطولي يا امتدادي نسبی دشکل بدلون اوعرضي نسبي دشکل بدلون په کشش او فشار کې يو ثابت نسبت وجود لري ،چې په نوم دعرضي دشکل بدلون ضريب (بې داندازه ګيري له واحده)يا د پواسون ضريب په نوم يادېږي.

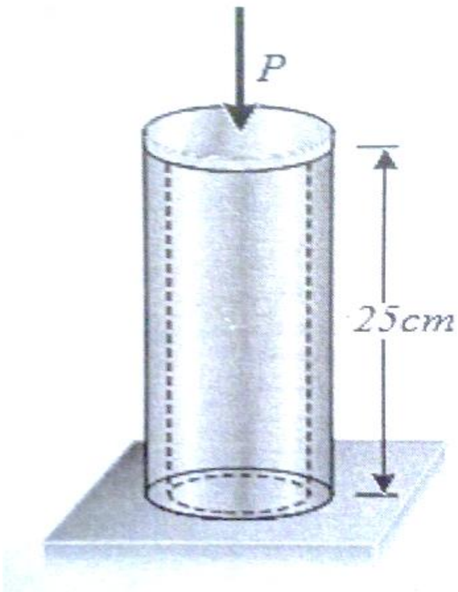
$$\mu = \left|\frac{\varepsilon_{Width}}{\varepsilon_{Length}}\right| = \left|\frac{\varepsilon_y}{\varepsilon_x}\right| = \left|\frac{\varepsilon_z}{\varepsilon_x}\right|$$

دپواسون ضريب دمودول ارتجاعيت ضريب په شان دموادو ارتجاعي خواصو مشخصه ښکاره کوي ، دايزوتروپي مواد له پاره دپواسون ضريب له صفر (0)څخه تر (0,5)پورې تاکل شويدي ، مثلاً دکاك لرګي لپاره ($\mu = 0$)او دفولادولپاره ($\mu = 0,3$)او رابر لپاره ($\mu = 0,5$)دي ،

$$0 \le \mu \le 0,5$$

9.مثال: يوه ميان خالي ميله چې داخلي قطر يې ($d_1 = 4cm$) او بهرني قطر يې ($d_2 = 5cm$) دی دبهرني قوې ($P = 25KN$) له اغېزې په ($\delta = 0,012cm$)اندازه طولي دشکل بدلون کړي دي (3. 64- شکل) په هغه صورت کې چې اوږدوالي داستوانه يې منځ خالي ميلې ($L = 25cm$)وي ، دنارملي تشنجاتو مقدار اونسبي دشکل بدلون دميلې پيدأ کړي [2].

حل: دمنځ خالي استواني مساحت دحلقي په شان پيدأ کېږي :



3.64-شکل

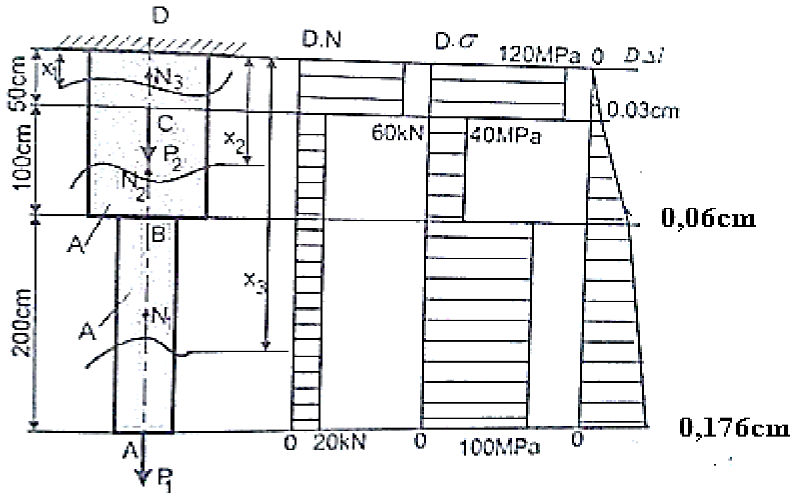
$$A = \frac{\pi}{4}\left({d_2}^2 - {d_1}^2\right) = \frac{\pi}{4}(5^2 - 4^2) = 8{,}635 cm^2$$

$$\sigma = \frac{P}{A} = \frac{25\ .\ 10^3}{8{,}635\ .\ 10^{-4}} = 29mpa \quad , \quad \varepsilon = \frac{\delta}{L} = \frac{0{,}012}{25} = 0{,}00048$$

10.مثال: فولادی میلې چې مساحتونه يې($A_1 = 2cm^2$)او ($A_2 = 5cm^2$)دې ددوو قووو($P_1 = 2Ton.F$)او ($P_2 = 4Ton.F$)تراغېزې لاندې راغلې دې ، كه دارتجاعيت مودول يې($E = 2\ .\ 10^5 Mpa$)او اعظمي مجازي تشنجات يې ($[\sigma] = 160Mpa$)وي نو دامتدادې قوو،نارملې تشنجاتواوبيځايه والي اپيورونه دمقاطعو رسم كړي(3. 65- شكل)[2] .

حل:-دغوڅې له طريقې څخه په ګټې اخيستنه مجهول قيمتونه يې پيدأ كوو.

ددې لپاره چې عكس العمل يې پيدأ نكړو نو غوڅه له لاندينې برخې پيلوو:



3 . 65-شكل:بارشوې میله او اړونده اپيورونه يې

$$\sum Fy = 0 => N_1 - P_1 = 0 => N_1 = P_1 = 2Ton\ .F = 20KN$$

$$N_2 - P_1 = 0 => N_1 = N_2 = 20KN$$

$$N_3 - P_1 - P_2 = 0 => N_3 = P_1 + P_2 = 60KN$$

$$\sigma_{AB} = \sigma_1 = \frac{N_1}{A_1} = \frac{20\,.\,10^3 N}{2\,.\,10^{-4} m^2 .\,10^6} = 100Mpa$$
$$\sigma_{BC} = \sigma_2 = \frac{N_2}{A_2} = \frac{20\,.\,10^3 N}{5\,.\,10^{-4} m^2 .\,10^6} = 40Mpa$$
$$\sigma_{CD} = \sigma_3 = \frac{N_3}{A_2} = \frac{60\,.\,10^3 N}{5\,.\,10^{-4} m^2 .\,10^6} = 120Mpa$$

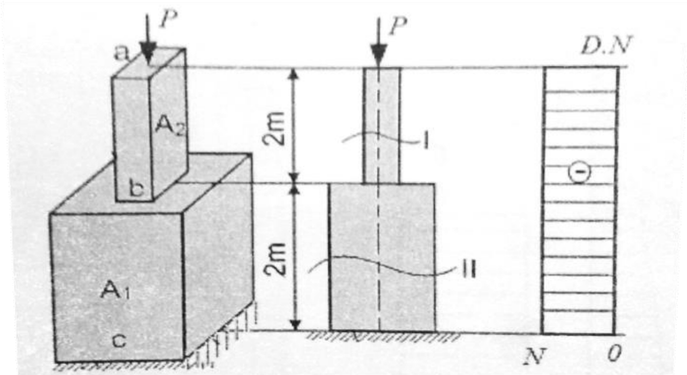
دنارملي تشنجاتو له مقدار څخه معلومېږي چې د مجازي تشنجاتوڅخه کم دې ،نومحکم والي د میلې تامین دې .

دتغیرمکان یا دشکل بدلون (اوږدیدنې) دپیدأ کولو لپاره دګاډر دپورتني برخې څخه ګټه اخلو،اوشمېرو یې.

$$\Delta L_{CD} = \delta_C = \frac{N_{CD}\,.\,L_{CD}}{E\,.\,A_2} = \frac{60\,.\,10^3\,.\;0{,}5}{2\,.\,10^5\,.\;10^6\,.\;5\,.\;10^{-4}} = 3\,.\,10^{-4}m = 0{,}03cm$$
$$0 \le X_1 \le 0{,}5m$$
$$\Delta L_{BD} = \Delta L_{CD} + \Delta L_{BC} = 0{,}03 + \frac{N_{BC}\,.\,L_{BC}}{E\,.\,A_2} = 0{,}03 + \frac{20\,.\,10^3\,.\;1{,}5m}{2\,.\,10^{11}\quad 5\,.\;10^{-4}} = 0{,}06cm$$
$$0{,}5 \le X_2 \le 1{,}5m$$
$$\Delta L_{AD} = \Delta L_{BD} + \Delta L_{AB} = 0{,}06 + \frac{N_{AB}\,.\,L_{AB}}{E\,.\,A_1} = 0{,}06 + \frac{20\,.\,10^3\,.\;3{,}5m}{2\,.\,10^{11}\quad 5\,.\;10^{-4}} = 0{,}176cm$$
$$1{,}5 \le X_3 \le 3{,}5m$$

11.مثال: یوه پایه ($P = 10000KN$)فشاري قوې تر اغېزې لاندې راغلي ده ، که مجازي تشنجات یې ($[\sigma] = 160Mpa$) وی ، د(A_1)مساحت دعرضي مقطع به څومره وي ، تر څو وارده شوی قوه وزغمي .او امتدادې دشکل بدلون یې پیدأ کړي ، که ($A_2 = \frac{A_1}{2}$) وي ؟(3. 66-شکل)[2] .

حل: دذکر شوي پایې محاسبوي شېما رسموو ، دقطع طریقې څخه په ګټه اخیستنه نامعلوم پارامترونه یې پیدأ کوو:



3 . 66– شکل:بار شوي میله او دهغې(N) اپیور

$$N_1 + P = 0 => N_1 = P = -10000KN$$
$$N_2 + P = 0 => N_2 = N_1 = -10000KN$$

دمحکم والي دشرایطوپربنأ لیکلاي شو چې :

$$\sigma = \frac{N}{A} \leq [\sigma]$$

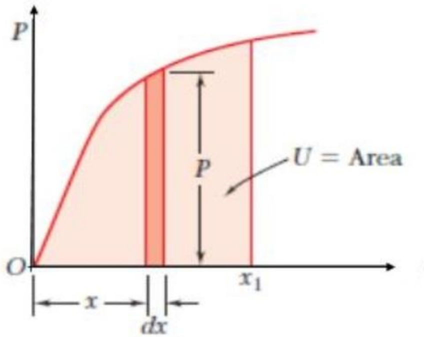
$$\frac{N_1}{A_1} \leq [\sigma] => A_1 = \frac{N_1}{[\sigma]} = \frac{-10000\ .\ 10^3 N}{160\ .\ 10^6\ N/_{m^2}} = 0,0625 m^2$$

$$A_2 = \frac{A_1}{2} = \frac{0,0625}{2} = 0,03125 m^2$$

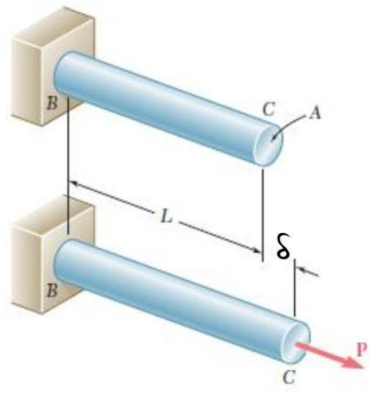
$$\Delta L_{ab} = \frac{N_{ab}\ .\ L_{ab}}{E\ .\ A_2} = \frac{-10000\ .\ 10^3 N\ .\ 2m}{2\ .\ 10^{11}\ N/_{m^2}\ \ 0,03125\ m^2} = \frac{1}{0,03125}\ .\ 10^{-4} cm$$
$$= 32\ .\ 10^{-4} cm = 32.\ 10^{-2} m$$

$$\Delta L_{bc} = \frac{N_{bc}\ .\ L_{bc}}{E\ .\ A_1} = \frac{-10000\ .\ 10^3 N\ .\ 2m}{2\ .\ 10^{11}\ N/_{m^2}\ \ 0,0625\ m^2} = 0,0016m$$

یاداشت: په هغه صورت کې چې بار آچونه په ستاتیکې ډول اجرأ شي د (P) قوې له اغېزې تغیرمکان منځته راځي چې دلته یو کار اجرأ کېږي ، که چیري درسم شوی میلې لپاره کششي دیاګرام (تغیرمکان نظر قوې ته)چې د(P) قوې له اغېزې منځته راځي رسم کړو اوډېر کوچني تغیر مکان جدأ کړو،مخامخ شکل نو پیدأ به کړو چې:



3 . 67–شکل:بارشوي میله او دشکل بدلون دیاګرام یې نظر قوې ته



$$W = \int_0^{\delta} P_1 \, . \, d\delta_1$$

دپورته کار داجرأ لپاره ذیرمه ایزه (ذخیره شوي)انرژي دشکل بدلون په صورت کې :

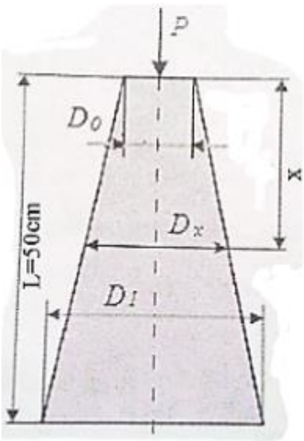
$$u = w = \int_0^{\delta} P_1 \, . \, d\delta_1$$

او دانرژي مقدا ردتشنجاتو له طریقې مساوي دې په:

$$u = \frac{\sigma^2 \,.\, V}{2\,E} = \frac{P^2 \,.\, A \,.\, L}{2\,E \,.\, A^2}$$

دمیلې حجم : $V = A \,.\, L$

12 .مثال: دمخروط ډوله مقطعې نارملي تشنجات دلاندیني برخې دشکل بدلون او پوتانشیلي انرژي پیدأ کړی ، په هغه صورت کې چې:($D_o = 2cm$)،($D_1 = 10cm$)،($P = 5Ton \,.\, f$)او ($E = 2.10^6 \, {}^{Kg.f}/_{cm^2}$)وي.(3 . 68– شکل)[2] .



3 . 68– شکل

حل: لیدل کېږي چې دمیلې په ټولو برخو کې امتدادي قوه یوډول ده ، او میله دعاملې قوې له اغېزې سره ټولیږی .

$N = -P = -5000Kgf$

دتشنجاتو مقدا ربه میله کې په لاندې ډول پیدأ کېږي: $\sigma_X = \frac{N}{Ax}$

کیفي مساحت دجدأ شوي برخې په لاندې ډول پیدأ کېږي :

$$Ax = \frac{\pi D^2 x}{4} = \frac{\pi}{4}(2 + \frac{10-2}{50}x)^2 = 3{,}14(1 + 0{,}08x)^2 cm^2$$

که چېرې (X)ته قیمت ورکړو نو تشنجات یې پیدأ کولي شو:

$$X = 0 \;\; => \sigma = \frac{-5000}{3{,}14(1+0{,}08x)^2} = -1592 \, {}^{Kgf}/_{cm^2}$$

$$X = 50cm \;\; => \sigma = \frac{-5000}{3{,}14(1+0{,}08x)^2} = -63{,}7 \, {}^{Kgf}/_{cm^2}$$

دشکل بدلون دلاندې رابطې څخه په لاس راوړو:

$$\delta = \Delta L = \int_{L} \frac{N \, . \, dx}{E \, . \, A_X} = \int_{0}^{50} \frac{-5000 \, . \, dx}{2 \, . \, 10^6 \; . \; 3{,}14(\,1 + 0{,}08x)^2} = \delta = \Delta L$$
$$= 796 \, . \, 10^{-5} cm$$

دذیرمه ایزي (پوتانشیلي)انرژي مقدار مساوي دې په :

$$u = \int_{L} \frac{N^2 \, . \, dx}{2\,E \, . \, A_X} = \int_{0}^{50} \frac{(5000)^2}{2 \, . 2 \, . \, 10^6 \; . \; 3{,}14(\,1 + 0{,}08\,x)^2} \; . \, dx$$
$$= 19{,}9 Kg \, . \, f \, . \, cm$$

3 . 14:په محاسبه کې دذاتي وزن ارزښت :

دمحکم والي په محاسبه کې دماشینو عناصر دکوچنیو ابعادودرلودونکې وي دذاتي وزن داغېزې څخه یې په محکم والي اودشکل بدلون دعنصروکې صرف نظر کوي . مګر دساختماني عناصرو دمحکم والي په شمېرونو کې، لکه کیبلونه ، انتنونه اونور دذاتې وزن په پام کې نیول ضروري دې ځکه چې په ډېرو ځایونو کې دساختمان خپل وزن داساسې بارو له جملې څخه شمېرل کېږي ، مثلاً که چېرې یوه پایه په نظر کې ونیسو نو خپل وزن دپایې دکشش او تراکم سبب ګرځي[2].

دعمودې پایې ذاتي وزن کولي شو د وېشلي بار په صفت په امتداد دمحور کې قبول کړو.

امتدادي قوه پدې ډول پیدأ کېږي:

$N_X = \gamma \, . \, A \, . \, X$په پورته فورمول کې (γ)–ذاتي وزن دمیلې ، (A)–دمیلې دمقطع مساحت ،(X)–بدلیدونکې قیمت داوږدوالي دې چې له صفر څخه ترآخیري سرحد پورې دپایې یا دګاډر قیمت اخیستلای شي.

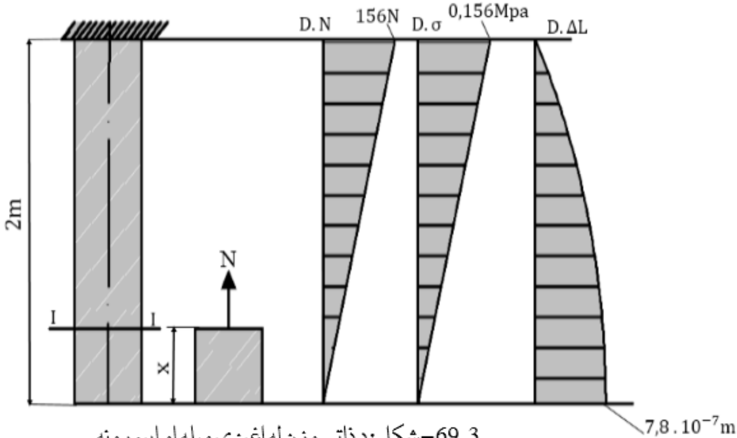
چې تشنجات مساوي دې په :

$$\sigma = \frac{N}{A} = \frac{\gamma \, . \, A \, . \, X}{A} = \gamma \, . \, L$$

دشکل بدلون یا مطلق زیاتوالي داوږدوالي په لاندې ډول پیدأ کېږي:

$$\Delta L = \int_0^L \frac{N \,.\, dx}{E \,.\, A} = \int_0^L \frac{\gamma \,.\, A \,.\, X \,.\ dx}{E \,.\, A} = \frac{\gamma}{E}\int_0^L x \,.\ dx = \frac{\gamma \,.\ L^2}{2E}$$

13 .مثال: یوه فلزي میله د(3. 69–شکل)مطابق دخپل ذاتي وزن له اغېزې دشکل بدلون کوي په هغه صورت کې چې($\gamma = 7{,}8 \,.\, 10^4 \, N/_{m^3}$)وي ،مساحت دمیلې($A=10cm^2$)وي،امتدادي قوې ، تشنجات او دشکل بدلون یې پیدأ کړي ، البته (داوږدوالي دشکل بدلون)، همدارنګه د(N)او (σ)اپیورونه رسم کړي [2].حل: څرنګه چې دشکل څخه معلومېږي میله دخپل ذاتي وزن له اغېزې لاندې راغلي ده او پوهېږو چې پداسې حالت کې زیاته قوه دذاتي وزن له اغېزې په آخرین سر دمیلې کې قرار لري ، یعنې په اتکأ کې عمل کوې او لاندیني خواته کمېږي ، اوس دغوڅې له طریقې څخه په ګټه اخستنه چې میله له لاندیني برخې څخه غوڅوو او داخلي قوې یې پیدأ کوو.



3. 69–شکل: دذاتي وزن له اغېزې میله او اپیورونه

$N = \gamma \ .\ A .\ X$

$X = 0 \qquad , \qquad N = 0 \qquad , \quad X = L$

$N = A.\gamma.L = 7.8 \,.\, 10^4 . 10 \,.\, 10^{-4} \,.\ 2 = 156N$

$\sigma = \dfrac{\gamma \ .\ A \,.\, X}{A} \qquad , \qquad X = 0 \quad , \quad \sigma = 0$

$X = L \quad , \quad \sigma = \gamma \ . \ L = 7.8 \text{ x } 10^4 \text{ x } 2 = 15.6 \ . \ 10^4 \frac{N}{m^2}$

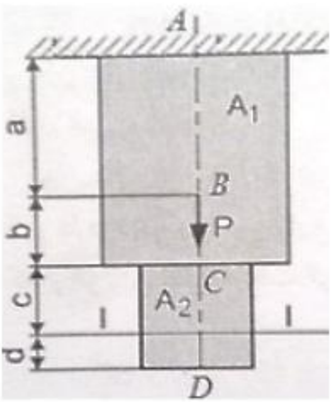
په هغه حالتوکې چې یوازي ذاتي وزن عامله قوه وي هغه کولی شو چې وېشلي باردتغیرشکل لپاره قبول کړواودشکل بدلون یې دانتیګرال نیوونې له طریقې پیداکوو:

$$\Delta l = \int_0^L \frac{N \ . dx}{E \ . \ A} = \int_0^L \frac{\gamma \ . x \ . A}{E \ . \ A} dx = \frac{\gamma}{E} \int_0^L x dx = \frac{\gamma}{E} \ . \ \frac{X^2}{2} \Big|_0^L = \frac{\gamma \ . \ L^2}{2 \ E}$$

$$= \frac{7.8 \ . \ 10^4 \ . 2^2}{2 \ . \ 2 \ . \ 10^{11}} = 7.8 \ . 10^{-7} m$$

پوهیږوچې دشکل بلون په اتکاووکې مساوي له صفرسره دی.

14 .مثال:یوه فولادې میله د P=2000Nدقوودا‌غېزې لاندې چې ذاتي وزن($\gamma = 7.8 \ . \ 10^4 \frac{N}{m^3}$)وی د(70.3–شکل)مطابق راغلي دې په هغه صورت کې چې= E او $2 \ . \ 10^{11} pa$($A_1 = 20 cm^2$)، ($A_2 = 10 cm^2$) وي .دځای بدلون ($I\!-\!I$)غوڅې اودشکل بدلون مقدارېې معلوم کړي که $a = 2, b = 1, c = 0.8, d = 0.5$وي[2].



70.3–شکل

حل: لیدل کېږي چې میله دخپل ذاتي وزن اوبهرنې قوې له اغېزې په یوه وخت کې راغلې ده ،دقوو داصل استقلال له مخې د($I\!-\!I$)غوڅې دځایې بدلون په جداډول دذاتي وزن او(P)قوې له اغېزې کولی شو پیداکړو:

$\delta_{(I-I)} = \delta_{1P} + \delta_{1\gamma}$

$\delta_{1P} = \Delta L_{AP} + \Delta L_{BP} + \Delta L_{CP}$

$\delta_{1\gamma} = \Delta L_{A\gamma} + \Delta L_{B\gamma} + \Delta L_{C\gamma}$

له شکل لیدل کېږي چې د(P)قوودمیلې یوازي د(A)برخه داغېزې لاندې راوستي ده یاکشش یې کړیدې اونورې برخې داثرلاندې ندې ، نولروچې:

$\Delta L_{BP} + \Delta L_{CP} = 0$

$$\delta_{1P} = \Delta L_{AP} = \frac{p\ .\ a}{E\ .A_1} = \frac{2\ .\ 10^3.\ 2}{2\ .\ 10^{11}.\ 20\ .\ 10^{-4}} = 10^{-5}m = 10^{-3}cm$$

ليدل کېږي د(AC)برخه يا$(a + b)$يوځای دخپل ذاتي وزن له امله اويووار دلاندیني برخي دذاتي وزن له اغيزي $(c + d)$ دشکل بدلون کوي .دهرې برخې د ذاتي وزن له اغيزې د داخلي قوو بدلونونه په لاندې ډول پيداکېږي.

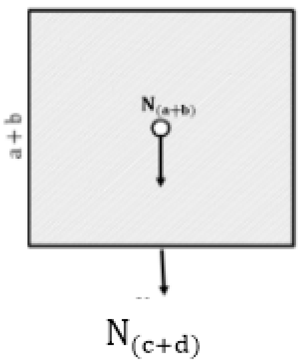
$N(a + b) = \gamma\ .A_1\ .\ (a + b) = 7.8\ .\ 10^4\ .20\ .10^{-4}(2 + 1) = 468N$

$N(c + d) = \gamma\ .A_2\ .\ (c + d) = 7.8 * 10^4 * 10 * 10^{-4}(0.8 + 0.5) = 101.4N$

$N(d) = \gamma\ .\ A2\ .(d) = 7.8\ .\ 10^4\ .\ 10\ .\ 10^{-4}\ .\ 0.5 = 39N$

$N(c) = \gamma\ .\ A2\ .(c) = 7.8\ .10^4\ .10\ .10^{-4}\ .\ 0.8 = 62.4N$

د(CD)برخې ذاتي وزن کولي شودخارجي قوو په صفت قبول کړو چې په اخيريې برخه د (Ac)کې يې عمل کړيدې د(Ac)برخي ذاتي وزن دهغې برخي په منځ يامرکزثقل کې قرارلری چې د$(a + b)$برخه ددووبهرنيوقووتراغيزې لاندې چې دذاتي وزن له اغيزې پيداشويدې.



$$\Delta L(a + b) = \frac{N(a + b)}{2\ .\ E\ .\ A_1} + \frac{N(c + d)}{E\ .\ A_2}$$

ددوو(2) عددپه اول کسرکې په دې مانا دی چې قووپه منځ کې (Ac)برخي يادثقل په مرکزکې عمل کړيدی.

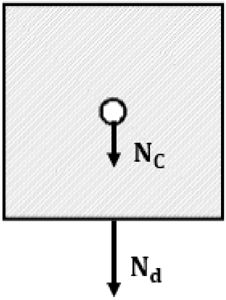
$$\Delta L(a + b) = \frac{468\ .(1 + 2)}{2\ .2\ .\ 10^5\ .10^6\ .20\ .\ 10^{-4}} + \frac{101.4(0.8 + 0.5)}{2\ .10^{11}\ .10\ .10^{-4}} = 24.14\ .10^{-7}m$$

$= 0.242\ .10^{-5}m \quad , \quad \Delta L(a + b) = 0.242\ .10^{-3}cm$

اوس د(C) برخي اوږديدنه شمېروليدل کېږي چې د(Ac)برخي په شان دابرخه هم ددووداخلي قووتراغېزي راغلې ده .

$$\Delta Lc = \frac{N_C\ .C}{2\ .E\ A_2} + \frac{N_d\ .C}{E\ \ A_2} = \frac{62.4\ .0.8}{2\ .\ 2\ .\ 10^{11}\ .10\ .10^{-4}} + \frac{39\ .\ 0.8}{2\ .10^{11}\ .10\ 10^{-4}}$$

$= 2.808\ .\ 10^{-7}M = 0.028\ .\ 10^{-5}M = 0.028\ .\ 10^{-3}cm$



(I–I)غوڅې بې ځایه کیدنه په لاندې ډول شمېرو:

$\delta i\gamma = \Delta L(a+b) + \Delta Lc = \delta i\gamma = \Delta L\gamma = 0.242 \,.\, 10^{-3} + 0{,}028 \,.\, 10^{-3} = 0.27 \,.\, 10^{-3}cm$

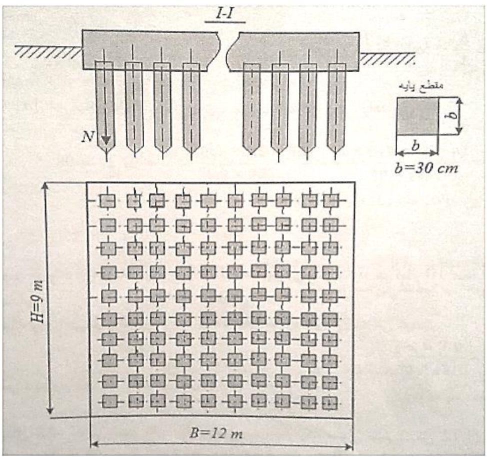
$\Delta li = \delta(1-1) = \Delta L_{1P} + \Delta l\gamma = \delta ip + \delta i\gamma = 0.27 \,.\, 10^{-3} + 1 \,.\, 10^{-3} = 1.27 \,.\, 10^{-3}cm$

15.مثال: یوکانکریتي پلېټ چې مساحت یې$A = B \,.\, L = 9m \,.\, 12m$اوضخامت یې H=1m فشارې قوه (وېشیلې)$q = 26\frac{ton}{m^2}$چې دمیخې پایوپواسطه په ځمکه کې لاندې خواته درومي ،واردوي د(3 .71– شکل) مطابق .که پایې مربع ډوله چې ابعادیې$b = 30cm$،$30cm \,.\, 30cm$وي نو ځومره شمېره پایوته ضرورت دې ترڅوذکرشوي باروزغمي . په هغه صورت کې چې دکانکریټوحجمي وزن $\gamma = 2.4\frac{ton}{m^3}$، اودکانکریټومقاومت په فشار کې یا فشاري تشنجات $\sigma_c = 35\frac{kg}{cm^2}$وي .[2]

حل: په پایوباندې دټول پلیټ وېش شوي اووارد‌شوي وزن پریوې پایې له نسبت څخه تعداد دپایومحاسبه کوو.

$$K = \frac{\sum P}{P_1}$$

ټول وزن دپلیټ عبارت له ټولې وېش شوي قوې اوذاتي وزن دپلیټ دې.



3 . 71–شکل

$$\sum P = q(B.L) + \gamma.\ H(B.\ L) = (q + \gamma H)B\ .\ L$$

په یوه پایه باندې وارده قوه یاوزن دغوڅې له طریقې اومجازي تشنجاتوڅخه په ګټه اخستنه په لاندې ډول پیداکوو.

$$\sigma = \frac{N}{A1} \leq [\sigma] = \frac{P_1}{A_1} \leq [\sigma] = P_1 = [\ \sigma].A_1$$

اوتعداد دپایوپه لاندې ډول پیداکېږي.

$$K = \frac{(q + \gamma.H)B.L}{[\sigma]b^2} = \frac{(26 + 2.4\ .1).\ 9.12}{350.(0.3)^2)}$$

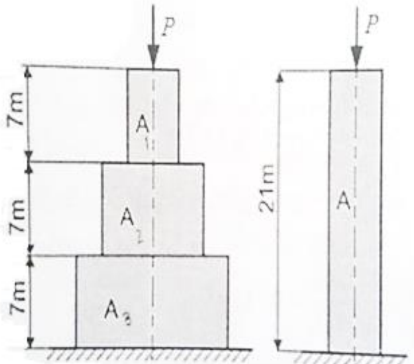
$$K = 97.37 \approx 98$$

دډیزاین داسانتیا لپاره شمېره دپایو(100)قبولوترڅوچې په هرقطارکې لس – لس پایې ځاي پرځاى شي.که چیري دپلېټ ذاتي وزن له پامه لېرې وساتو نودپایوشمېره مساوي ده په .

$$K = \frac{q.B.L}{[\sigma].A} = \frac{26\ .9.\ 12}{350.\ (0{,}3)^2} = 89.143$$

لیدل کېږي چې ذاتي وزن په شمېرونوکې مهم رول لري.

16 .مثال: دهغوخښتوحجم پیداکړي چې د(3. 72–شکل) مطابق یوخښتي ستون تري جوړیږي که ددې ستون جګوالي $H = 21m$اوهغه قوه چې ستون وزغمي80tonوي په دوو وریانتونوکې یې چې یویې طبقه یې ستون اوبل یې مستقیم خښتي ستون دې پیداکړي .ګټه وراواقتصادي وریانت یې وټاکې په هغه صورت کې چې حجمي وزن دخښتو $= \gamma$ $1.8\frac{ton}{m^3}$اومجازي تشنجات په فشارکې $= [\sigma] = 15\frac{kg}{cm^3}$ $150\frac{ton}{m^3}$وي[2].



3 .72– شکل

حل: دمحکم والي شرایطوپه نظرکې نیولوسره چې محاسبوي تشنجات بایدکم له مجازي تشنجاتوڅخه وي.که په یوه وخت کې دبهرنیوقووعمل اوذاتي وزن دکادر په پام کې ونیول شي نوتشنجات په لاندې ډول پیداکېږي . $\sigma max = \frac{p}{A}$

له پورته رابطې څخه مساحت په لاندې ډول پیداکېږي .

$$\frac{P}{A} = \frac{\gamma . A . L}{A} = \frac{P}{A} => [\sigma] - \gamma . L$$

طبقه یې ستون دخښتوشمېرو اوله اولې طبقې څخه یې شروع کوو یاهغه طبقه چې هلته یوازې بهرني قوه مطرح ده.

$$A_1 = \frac{p}{[\sigma] - \gamma . L_1} = \frac{80}{150 - 1.8 . 7} = \frac{80}{150 - 12.6} = 0.582m^2$$

په دوهمه طبقه کې د(P)قوې څخه علاوه ذاتي وزن داولې برخي هم شامل دې پس ددې برخي مساحت مساوي دې:

$$A_2 = \frac{p + \gamma . A_1 . L_1}{[\sigma] - \gamma . L_2} = \frac{80 + 1.8 . 0.582 . 7}{150 - 1.8 . 7} = 0.635m^2$$

په دریمه طبقه کې د(P)له قوې څخه جداداول قسمت اودوهمې برخي ذاتي وزنونه هم شامل دې نو:

$$A_3 = \frac{P + \gamma . A_1 . L_1 + \gamma . A_2 . L2}{[\sigma] - \gamma . L_3}$$
$$= \frac{80 + 1.8 . 0.582 . 7 + 1.8 . 0.635.7}{137.4} = 0.694m^2$$

دطبقه یې ستون دخښتوحجم مساوي دې په .

$$V_1 = (A_1 + A_2 + A_3) . L = (A_1 . L_1 + A_2 . L_2 + A_3 . L_3)$$
$$V1 = (0.582 + 0.635 + 0.694). 7 = 13.377m^3$$

اوس دخښتومستقیم ستون شمېرواومساحت ددې ستون مساوي دې په .

$$A = \frac{p}{[\sigma] - \gamma . H} = \frac{80}{150 - 1.8 . 21} = 0.713m^2$$

اودهغوخښتوحجم چې په مستقیم ستون کې کاریدلي دې .

$$V_2 = A . L = 0.713 . 21 = 14.973m^3$$

له پورته شمېرنې معلومېږي چې دطبقه يې ستون حجم کم نسبت مستقيم دخښتوستون ته دي ،نواقتصادي دي

$$\frac{(V_2 - V_1) .\ 100}{V_2} = \frac{14.973 - 13.377}{14.973}\ . 100 = 10.66 \approx 11\%$$

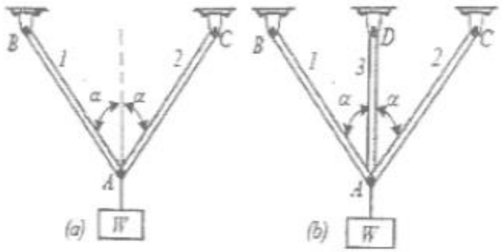
له رابطې څخه معلومېږي چې (11)فيصده خښتې په طبقې يې ستون کې کمې مصرف شويدې.

12.3دکشش- فشارپه حالت کې ټاکلي اوناټاکلي ستاتيکې سيستمونه:

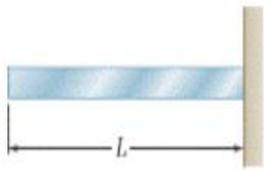
په تېروشوويو درسونو کې موچې کوم مسايل دموادمقاومت په اړه وويل دستاتيك له نظره ټاکلي وويانامعلومې رابطې يې د ستاتيکې تعادلي معادلو په مرسته ټاکل کېږي مګر په عملي کارونوکې دداسې ساختمانونوسره مخامخ کيږوچې نامعلومې رابطې يې (عکس العملونه)په مکمل ډول دستاتيك په تعادلي معادلونه ټاکل کېږي چې دې ډول ساختمانونو ته ناټاکلي ستاتيکې وايي .په نوموړي ناټاکلي جوړښتونوکې اضافي رابطې وجودلري چې دمحاسبې لپاره ، علاوه پرستاتيکې

معادلونوري دتغيرمکان معادلې ورته ضروري دي چې رابطې اودشکل بدلون يې پخپل منځ کې اړيکې تامينوي ستاتيکې معادلې اودبڼې دبدلون معادلې دمطابقت(توافق)شرطونوڅخه ترتيبوو،دتکميلي معادلو شمېردسيستم دستاتيکې ناټاکلتوب طاقت يادرجه معلوموي.

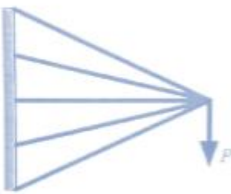
دیادولوورړده چې څه ډول یوسیستم ناټاکلي کېږي؟ځواب یې دادې چې ډېروختونه دساختمان دمحکم والي اوشخي دتامین لپاره اضافي رابطې په ساختمان باندې ورزیاتوي .مثلاکه یوجوړښت دوومیلولرونکې وي ددې لپاره چې ښه محکم شي نویوه میله ورزیاتوي چې دمیلې دزیاتوالي په صورت کې سیستم په ناټاکلې باندې بدلیږي. (3 .73–شکل)[2] ,[7] .



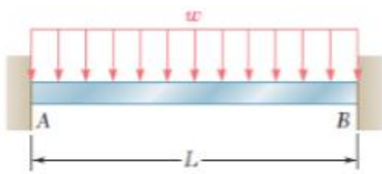
3 .73–شکل:a- عادي شیما b- دساختمان محکمه شوي شیما



3 .74–شکل:کنسولي ګاډر



3 .76–شکل:محکم شوي نما جوړښت



3 .75–شکل:محکم شوي ګاډر

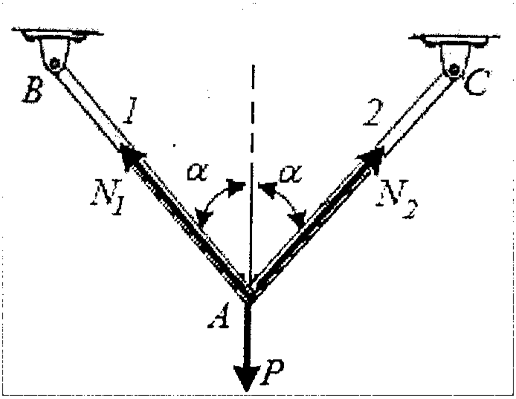
ستاتیکې ناټاکلي سیتمونه دلاندې ځانګړتیااوو درلودونکې دې:

1.په ستاتیکې ناټاکلي سیتمونوکې دداخلي قوواېښودل(ترتیبول)دعناصرودسختوالي په تناسب پوري اړه لري .که دعنصرشخي (سختوالي)زیات شي نوقوه په همغه اندازه زیاته زغمي اوپه نوروعنصرودساختمان کې کمېږي.

2.که ستاتیکې ناټاکلي عنصردبهرنیوقووتراغېزې لاندې رانشي بیاهم دتشنجاتو دموجودیت امکان شته چې دعناصرودصفایې دناسمې نښلونې اوناسم منتاژدعناصروڅخه منځ ته راځي.

3.په نامعلوموستاتيکې ساختمانوکې دتودوخي درجې له اغېزې داخلي قوې اوتشنجات منځ ته راځي.
4.په عمومي ډول په ناټاکلوساختمانونوکې متوازن تشنجات منځ ته نه راځي ځکه چې ځينې عناصريې په لاژم ډول نه بارېږي.
دناټاکلتوب درجه دسيتم دنامعلومو(عکس العلمو)شمېره منفي دپيدا شوومعادلوشمېرې څخه په لاس راځي دناټاکلوستاتيکې ساختمانونودمسايلودحل په خاطردقضيې ډول،ډول لوري اوارخونه چې په لاندې توګه ښودل کېږي بايدپه پام کې ونيسو.
1.دمسلې ستاتيکې اړخ :ستاتيکې معادلې چې په هغې کې نامعلومې رابطې شاملې وي دساختمان اودهغې دعناصرولپاره بايدترتيب شي.
2.دمسلې هندسي اړخ: سېستم دتغيرشکل په حالت کې په نظرکې نيسو،دتغيرشکل او تغير مکان ترمنځ رابطه دجداشووعناصرودساختمان ترمنځ بايدتامين (پوره)شي اودشکل بدلون اوبې ځايه کيدنې معادلې دسيستم ترتيبوو.
3.دمسلې فزيکې اړخ:درابرت هوك دقانون په بنا بې ځايه کيدنه اودشکل بدلون دساختمان دعناصرودنامعلومې قوې په نظرکې نيوولوسره بيانوو.
4.دمسلې رياضيکې اړخ:په يوه وخت کې ستاتيکې اړخ ، هندسي خوا اوفزيکې لوري يې دمجهولودمعلومولولپاره حلوو.

پورته ذکرشويوخواودځرنکوالي اوروښانتيا لپاره لاندې بېلګه په پام کې نيسو.
18 .مثال: يودوه ميله يې AB اوAC سيستم چې له فولادوڅخه جوړي شوي،دPقوې تراغېزې لاندې راغلي دې (3. 77-شکل)دستاتيکې مسلوڅخه په ګټه اخستنه امتدادقوې يې پيداکړي[2].
حل: ليدل کېږي چې زاويې سره مساوي دې نوامتدادې قوې يې هم سره برابرې دي:



3. 77–شکل

$$\sum Fy = 0 \quad , \quad N_1 \cos\alpha + N_2 \cos\alpha - p = 0$$

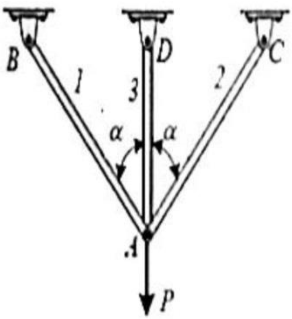
$$N_1 = N_2 = \frac{P}{2 \ . \ \cos\infty} = N$$

دعرضي مقطع مساحت دهرې میلې له مجازي تشنجاتوپیداکوو.

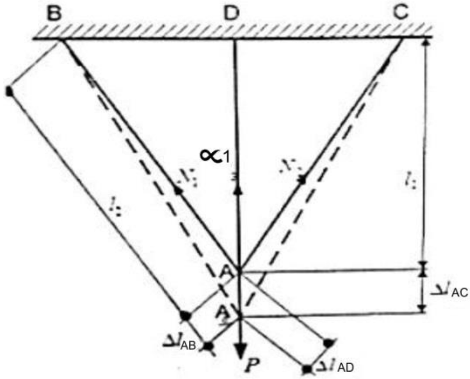
$$A = \frac{N}{[\sigma]} = \frac{P}{2 . [\sigma] \ . \ \cos\alpha}$$

اوس پورتني سیستم دیوې میلې په زیاتوالي سره چې محکم والي یې تامین وي ترمطالعې لاندې نیسو(3. 78–شکل) لیدل کېږي چې دADمیلې په زیاتوالې سره سیتم ناټاکلي شو.

محاسبوي شېما يې رسمووااوستاتيكي معادلې يې دxاوyمحورونوته ترتيبوو (3. 79– شكل) .



3. 78–شكل: محكمه شوي ميله



3. 79–شكل: محاسبوي شيما(دسيستم آزاد دياګرام)

$$\sum Fx = 0 \quad , \quad N_1 = N_2$$

$$\sum Fy = 0 \quad , \quad N_1 . \cos\alpha + N_2 . \cos\alpha + N_3 - p = 0$$

ليدل كېږي چې سيستم ناټاكلى دى چې داضافي معادلې ترتيب ته ضرورت دى دامعادله په لاندې ډول ترتيب كوو. AD په ميله كې دPوزن له اغېزېډN_3داخلي قوه منځ ته راځي چې د ΔL_{AD}په اندازه اوږدېږي چې دهوك قانون په بناء كولي شو چې وليكو:

$$\Delta L_{AD} = \frac{N_3 . L_1}{E . A}$$

دABميله د ΔL_{AB}په اندازه اوږدېږي.

$$\Delta L_{AB} = \frac{N_1 . L_2}{E . A}$$

دABميلې اوږدوالي دارتسام له طريقې دADميلې له پاسه په لاندې ډول پيداكوو:

$L_2 = \frac{L_1}{\cos\alpha}$, $\Delta L_{AB} = \frac{N_1 \, . L_1}{E \, . A \, . \cos\alpha}$

دAمفصل دpوزن له اغېزې دΔL_{AD}په اندازه لاندې راغلي اوA_1 ځای يې اختيارکړيدې چې دارتسام له طريقې کولي شو چې .: $AA_1 = \Delta L_{AD}$

$\Delta L_{AB} = AA_1 \, . \, \cos\alpha = \Delta L_{AD} \, . \cos\alpha$

تجربې ښودلي ده چې دΔL_{AD}بې ځايه کيدنه نسبت اوږدوالي دA_1D ميلې ته ډېرکوچني دې ،بناء پر دې کولي شوچې αزاويې سره يې مساوي قبول کړود(ABDميلوترمنځ زاويه)پيداشوي قيمتونه په پورتني رابطه کې وضع کوو لروچې.

$\frac{N_1 \, . \, L_1}{E \, . A \, . \, \cos\alpha} = \frac{N_3 \, . \, L_1 \, . \cos\alpha}{E \, . \, A}$, $N_1 = N_3 \, . \cos\alpha^2$

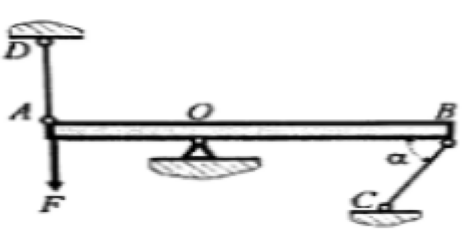
پورتني پيداشوي قيمت په ستاتيکې معادله کې وضع کوو پيدابه کړوچې:

$2 \, . \, N_1 \, . \cos\alpha + N_3 - P = 0$

$2 \, . \, N_3 \, . \cos\alpha^3 + N_3 = P$

$N_3(2 \, . \, \cos\alpha^3 + 1) = P$, $N_3 = \frac{P}{1 + 2 \, . \, \cos\alpha^3}$

18 . مثال: تغيرنه قبلوونکې سخت ګادردAB(3. 80- شکل) دFپه قوې بارشويدې اودBC،ADفولادې ميلوپواسطه محکم شويدې په هغه صورت کې چې ميلودمقطع مساحت او اوږدوالي معلوم وي نو داخلي قوې يې N_{BC}وN_{AD}پيداکړي[2].

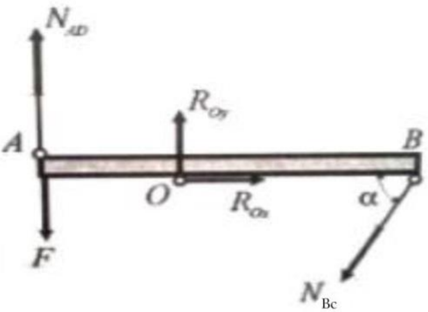


3. 80– شکل

$L_{OB} = 2L_{OA}$, $L_{BC} = L_{AD}$, $A_{BC} = A$, $A_{AD} = 2A$

حل:

اول. دمثال ستاتیکي لوري عاملي قوې دساختمان له پاسه ،عکس العملونه اوداخلي قوې پکې نشاني کوو،(3 .81-شکل) ددې امرداجرالپاره دقطع له طریقې څخه ګټه پورته کوو اودمحاسبې داسانتیا لپاره فرض کووچې داخلي قوې یې کششي دي ،اودناټاکلتوب درجه یې معلوموو.



3. 81– شکل

له شکل لیدل کېږي چې په سیستم باندی لاندې قووپه مجموع کې عمل کړیدې.

$(f, Rox, Roy, N_{AD}, N_{BC})$

دپورته قووڅخه څلورقوې نامعلومې دې.

Rox, Roy, N_{AD}, N_{BC}

دمسائیلودحل په خاطرپه مستوي کې دري معادلې لرو:

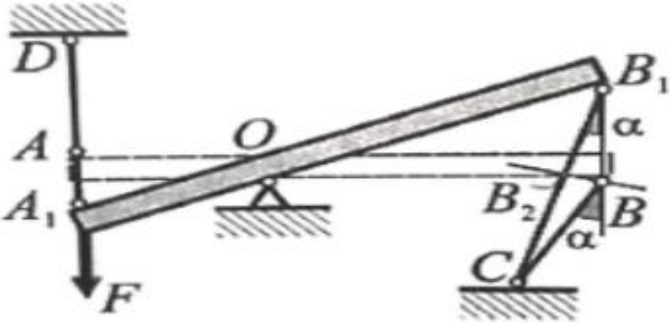
$$\sum Fx = 0 \quad , \quad \sum Fy = 0 \quad , \quad \sum M_{(O)} = 0$$

څرنګه چې دستاتکې معادلوشمېره درې ده ، اودنامعلوموقووشمېرڅلوردې نوسیستم یوځلې نامعلوم ستاتیکې دې. دسوال په شرایطوکی دعکس العمل پیداکول نه دې شامل، پس دداخلي قوودپیداکولولپاره د(O) نقطې ته مومنټ نیسو:

$$\sum M_{(O)} = 0 => N_{AD} \cdot L_{oA} - F \cdot L_{Ao} + N_{BC} \cdot L_{Bo} \cdot \sin\alpha = 0$$

$$= N_{AD} + 2N_{BC} \cdot \sin\alpha = F$$

دوهم.دپوښتنیی هندسي اړخ:داضافي معادلې دترتیبولولپاره دشکل بدلون معادله د سیستم دتغیرشکل په حالت کې څېړو.(3 . 82-شکل) .



شکل–82. 3

Fدقــوې لــه عمــل څخــه دABګــادر(O)پــه نقطــه بانــدې څرخــې دAاو Bټکــې د A_1او B_1موقیعتونه اختیاروي د AA_1او BB_1بې ځایه کیدنه اودشکل بدلون ډېرکوچنی دي اود∝زاویه بې تغیره قبلوو.د OAA_1او oBB_1دمثلثوله ورته والي څخه کولي شوچې ولیکو :

$$\frac{AA_1}{L_{oA}}=\frac{BB_1}{L_{oB}} => BB_1=\frac{L_{oB}}{L_{oA}}\cdot AA_1 => BB_1=2AA_1$$

لیدل کېږي چې $AA_1=\Delta L_{AD}$ سره دې پس میله کش شوي ده.

دBله نقطی څخه د B_1Cپه خط باندې عمودرسموو د BB_1B_2 مثلث په لاس راځي ددې په نظرکی نیولوسره د BB_1B_2 له مثلث څخه به پیداکړوچې: $\Delta L_{BC}=B_1B_2$

$$\Delta L_{BC}=B_1B_2=BB_1\cdot\sin\alpha$$

څرنګه چې $CB_1>B_2C$ څخه دې نودBC میله هم کش کېږي دابه قبول کړوچې $BB_1=2AA_1$دې نودADاوBC دمیلو دشکل دبدلون معادلې په لاندې ډول دي:

$$\Delta L_{BC}=BB_1\cdot\sin\alpha=2AA_1\sin\alpha=2\Delta L_{AD}\cdot\sin\alpha$$

دریم.دپوښتنې فزیکې اړخ:دلته باید دشکل بدلون اوداخلي قوو ترمنځ رابطه برابره کړو،اړیکې ئې دهوك قانون په اساس برابرېږي:

$$\Delta L_{AD}=\frac{N_{AD}\cdot L_{AD}}{E\cdot A_{AD}}\quad;\quad\Delta L_{BC}=\frac{N_{BC}\cdot L_{BC}}{E\cdot A_{BC}}$$

څلورم . دپوښتنې رياضيكې اړخ : دهوك قانون چې په فزيكې اړخ كې يې معادلې پيدأ شوي دې دشكل بدلون په معادله كې يې وضع كوو، پيدأ به كړو چې :

$$\frac{N_{BC} \cdot L_{BC}}{E \cdot A_{BC}} = 2.\frac{N_{AD} \cdot L_{AD}}{E \cdot A_{AD}} \times \sin\alpha => N_{BC} = N_{AD} . \sin\alpha$$

دامعادلې دنورو معادلوسره يو سيستم دمعادلو جوړوي چې له حل وروسته يې لاندې معادلې پيدأ كولاي شو:

$$N_{BC} = N_{AD} . \sin\alpha \quad ; \quad N_{AD} . \ 2N_{BC} . \ \sin\alpha = F$$

$$N_{AD} = \frac{F}{1 + 2\sin^2\alpha} \quad ; \quad N_{BC} = \frac{F. \ \sin \propto}{1 + 2\sin^2\alpha}$$

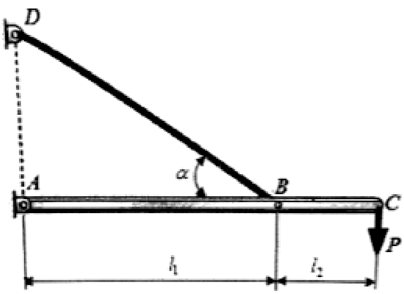
په ميلو كې تشنجات :

$$\sigma_{BC} = \frac{N_{BC}}{A_{BC}} \quad ; \quad \sigma_{AD} = \frac{N_{AD}}{A_{AD}}$$

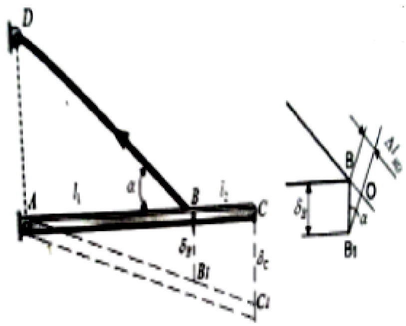
كه چېرې دپوښتنې (مثال) په شرايطو كې ذكر شوى وي چې دميلو دمقطعو مساحت پيدأ كړي ، دمحكم والي له شرايطو يې په لاس راوړلي شو:

$$\sigma_{BC} = \frac{N_{BC}}{A_{BC}} \leq [\sigma] \quad ; \quad \sigma_{AD} = \frac{N_{AD}}{A_{AD}} \leq [\sigma]$$

$$A_{BC} = A \geq \frac{N_{BC}}{[\sigma]} \quad ; \quad A_{AD} = 2A \geq \frac{N_{AD}}{[\sigma]}$$



شكل–83.3



شكل–84.3

19.مثال: د (AC)میله د (A) په نقطه کې دیوه بې خوځیدنې مفصل پواسطه سخته محکمه شویده او (B) په نقطه کې دیوه کیبل (BD)چې مساحت یې (A) دې ، تړل شویده .د(C)په نقطه کې (P) قوې عمل کړیدې ، د (C) نقطې بې ځایه کیدنه د (P) قوې له اغېزې پیدأ کړي . (3 .3 8–شکل)[2] .

حل: دکیبل کششي قوه چې داخلي قوه شمېرل کېږي په امتداد دکیبل کې بنایې ، او دپیدأ کولو لپاره یې د (A) په ټکې کې مومنټ نیسو . (3. 84–شکل) .

$$\sum M_A = 0 \quad , \quad P(L_1 + L_2) - N_{BD}\ .L_1\ .\sin \propto = 0$$

$$N_{BD} = \frac{P(L_1 + L_2)}{L_1\ .\sin \propto}$$

د(BD)میلې دشکل بدلون د($L_{BD} = \frac{L_1}{\cos\propto}$)په نظرکې نیولو سره په لاندې ډول پیدأ کېږي :

$$\sin \propto = \frac{\Delta L_{BD}}{\delta B} => \Delta L_{BD} = \delta_B\ .\ \sin \propto$$

د(B) نقطه دمیلې د(C) نقطې په شان په عمودي شکل بې ځایه کیدنه کوي ، او د (B_1) نقطې ته ځان رسوي .

د(BB_1D) مثلث څخه کولې شو چې ولیکو :

$$\Delta L_{BD} = \delta_B\ .\ \sin \propto$$

له بلې خوا دهوك قانون په اساس د (BD) کوچني دشکل بدلون پدې ډول لاسته راځي:

$$\Delta L_{BD} = \frac{N_{BD} \times L_{BD}}{E \times A} = \frac{P(L_1 + L_2)\ .\ L_1}{E \times A \times L_1 \times \sin \propto \times \cos \propto} =>$$

$$\delta_B = \frac{P(L_1 + L_2)}{E \times A \times \sin^2 \alpha \times \cos \alpha}$$

اوس د (C) ټکې بې ځایه کیدنه پیدأ کوو د (3.84–شکل)، د (BB_1A) او (CC_1A) مثلثو له ورته والي څخه لرو چې :

$$\frac{\delta_C}{\delta_B} = \frac{L_1 + L_2}{L_1} => \delta_C = \frac{L_1 + L_2}{L_1} \times \delta_B = \frac{L_1 + L_2}{L_1} \times \frac{P(L_1 + L_2)}{E \times A \times \sin^2 \alpha \times \cos \alpha}$$

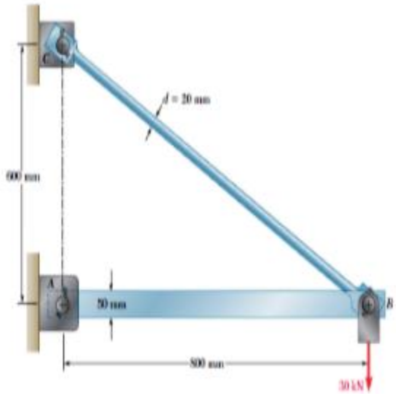
داجرأ شوي کار مقدار دمیلې دشکل بدلون څخه دلاندې رابطې پواسطه پیدأ کېږي :

$$W = \frac{P\,.\,\delta_C}{2}$$

او پوتنشيالي انرژي يې برابره ده له :

$$u = W = \frac{P\,.\,\delta_C}{2}$$

20 .مثال: ديوې دايروي ميلې (d=20mm) دې ، او بازو يې مستطيلي چې ابعاد يې (50 x 30 mm) دې ، په غيرې خوځنده اتکأ (پن) محکم شويدي، داخلي قوې يې د (P=30KN) قوې له اغېزې پيدأ کړې[2].



3.85–شکل

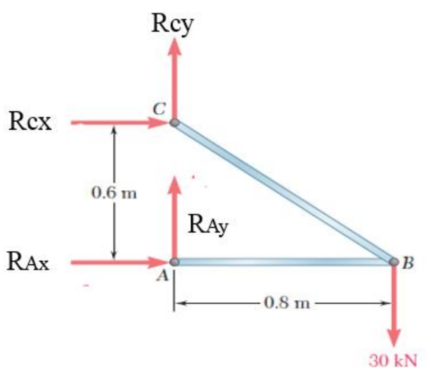
حل: اول محاسبوي شېما دجوړښت رسم کوو (3. 85–شکل) .

د (A) او (B) اتکأ يز عکس العملونه پيدأ کوو :

$$\sum Fx = 0 => R_{AX} + R_{CX} = 0\,;\;\; R_{AX} = -\,R_{CX}$$

$$\sum Fy = 0 => R_{cy} + R_{Ay} - P = 0\,;\;\; R_{Cy} + R_{Ay} = P = 30KN$$

$$\sum M_C = 0 => R_{AX}\,.\,0,6 - P\,.\,0,8 = 0\,;\;\; R_{AX} = \frac{30\,.\,0,8}{0,6} = 40KN$$



3.86– شکل:محاسبوي شېما

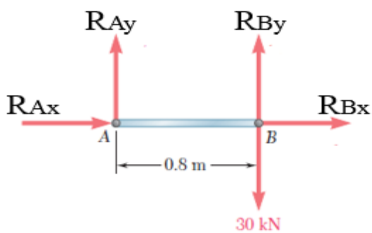
له پورته شمېرنې لرو چې :

$R_{CX} = -R_{AX} = -40KN$

لکه چې لیدل کېږي ، په پورته معادلو کې څلور مجهول رقمونه موجود دي او معادلې درې دي ، نو نشوکولې چې سیستم محاسبه کړو نوددې لپاره جوړښت جدأ کوو(a87.3 شکل) ، ښه به دا وي ، چې مستطیلې بازو له جوړښت څخه جدأ کړو . او دتعادل معادله ورته ترتیب کړو :

$\sum M_B = 0 => R_{Ay} . 0,8 = 0 =>$

$R_{Ay} = 0$



شکل – a 87.3

که پورتنې قیمت په معادله کې وضع کړو پیدأ به کړو چې :

$R_{Cy} + 0 = 30 => R_{Cy} = 30KN$

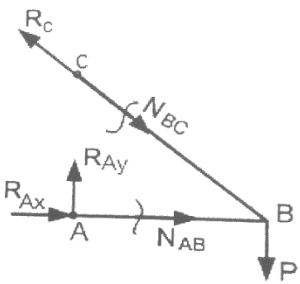
نو قوې او عکس العملونه په اتکأ وو کې په لاندې ډول دي :

$R_A = \sqrt{R^2{}_{AX} + R^2{}_{Ay}} = \sqrt{40^2 + 0^2} = 40KN$

$R_C = \sqrt{R^2{}_{CX} + R^2{}_{Cy}} = \sqrt{(-40)^2 + 30^2} = 50KN$

څرنګه چې د(R_{CX}) قیمت پیدأ شویدې نو جهت (لورې) ته یې بدلون ورکووچې دمیلې دکشش سبب ګرځې او جهت د (R_C) په امتداد دمیلې دي . له هغې ځایه چې ($R_A = 0$) دې ،او ($R_{AX} = 40KN$) دې او لورې یې هم دمستطیلې بازوپه امتداد دې نو دتېلوالې (فشار) سبب ګرځې ، د(b 87.3 –شکل)څخه لیدل کېږې چې دمیلې (BC) امتدادې کششې قوه له (R_C) سره برابره او(50KN) ده ، خو د (AB) په بازوکې

(R_{AX}) مساوي له (40KN) ده ، نو دا مسله کولي شو چې دغوڅې له طريقې څخه هم په لاس راوړو .دهرې ميلې لپاره يې جدأ جدأ پيدأ کوو :



شکل– b 87.3

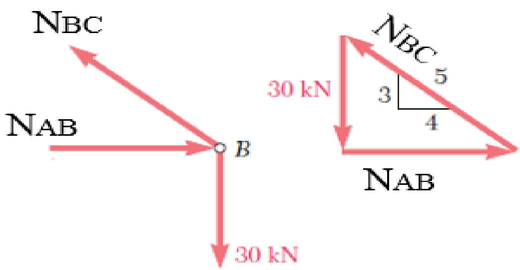
د(BC) ميلې لپاره:

$$R_C - N_{BC} = 0 => N_{BC} = R_C = 50KN$$

د(AB) ميلې لپاره:

$$R_{AX} + N_{AB} = 0 => N_{AB} = -R_{AX} = -40KN$$

د((C 87.3 –شکل) په نظرکې نيولو سره د (N_{BC}) او (N_{AB}) قوې د ($\sin \propto$) ساين له قانون څخه هم په لاس راوړلي شو :



شکل– C 87.3

لدې شکلونو لاندې پايلې ته رسيږو :

$$\tan\propto = \frac{0{,}6}{0{,}8} = 0{,}75 \qquad ; \qquad \propto = \arctan 0{,}75 = 36{,}87^{\circ}$$

$$\beta = 90 - 36{,}87^{\circ} = 53{,}13^{\circ}$$

$$\frac{P}{\sin\propto} = \frac{N_{AB}}{\sin\beta} => N_{AB} = \frac{P\ .\ \sin\beta}{\sin\propto} \qquad ; \qquad \frac{P}{\sin\propto} = \frac{N_{BC}}{\sin\gamma} =>$$

$$N_{BC} = \frac{P\ .\ \sin\gamma}{\sin\propto}$$

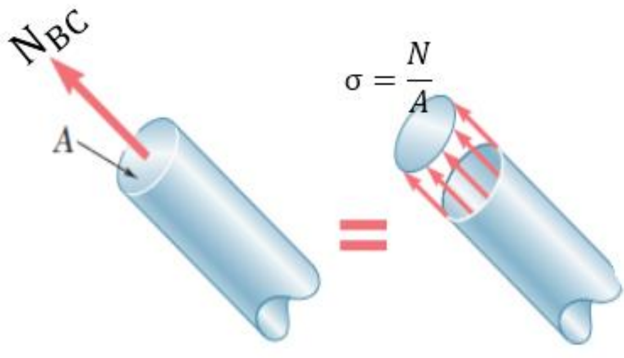
دداخلي قوو دشدت وېش دمقطع په سطحه عبارت دمقطع پر مخ تشنجات دي ، چې په لاندې ډول پيدا کيږي:

$$N_{BC} = R_C = 50KN$$

$$A = \frac{\pi d^2}{4} = 3{,}14\ \frac{(20\ .\ 10^{-3})^2}{4} = 314\ .\ 10^{-6} m^2$$

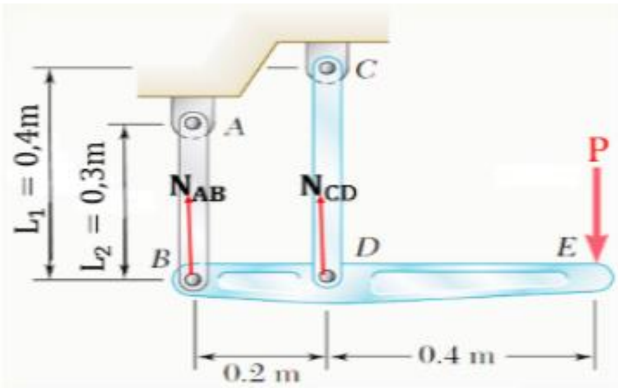
$$\sigma = \frac{R_C}{A} = \frac{50\ .\ 10^3\ N}{314\ .\ 10^{-6}} = 159\ .\ 10^6\ {}^{N}/_{m^2} = 159\ .\ 10^6 Pa = 159Mpa$$

څرنګه چې د (BC) ميله فولادې ده او مجازي تشنجات دفولادو لپاره ($[\sigma]$ = 160Mpa)دي پس هغه بار چې په ميله وارديږي زغملې شي .



87.3 –شکل

21. مثال: د(BDE)سخته میله ددوو کیبل ډوله (AB)او (CD)میلو پواسطه د(A)او(C)په مفصلونو کې تړل شویده په هغه صورت کې چې د(AB)میله یا کیبل له المونیم چې دارتجاعیت مودول یې (E = 70GPa)او مساحت دمقطع یې($500mm^2$)او د(CD)کیبل یا میله له فولاډو چې (E = 200GPa)او مساحت یې ($600mm^2$)دې دسختې میلې یا ګاډر کې (P = 30KN) قوې عمل کړیدې ، د (B, D, E)نقطو بې ځایه کیدنه پیدأ کړي (88.3–شکل)[2] .



88.3–شکل

حل : لیدل کېږي چې د(AB)او (CD)میلې دداخلي قوړداغېزې لاندې راغلي دې دا قوې کیداي شي چې فشاري اویا کششي وي نو دا قوې باید پیدأ کړو .

داخلي قوې په امتداد دمیلو کې نشانې کوواو شمېرو یې :

$$\sum M_B = 0 => -P\,.\,0,6 + N_{CD}\,.\,0,2 = 0 => N_{CD} = \frac{P\,.\,0,6}{0,2} = 90KN$$

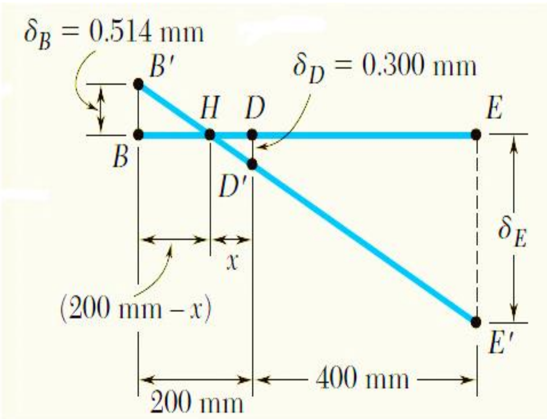
$$\sum M_D = 0 => -P\,.\,0,4 - N_{AB}\,.\,0,2 = 0 => N_{AB} = \frac{-P\,.\,0,4}{0,2} = -60KN$$

د(B)ټکې بې ځایه کیدنه د(AB) میله د(60KN)په مقدار دفشارې قوې تراغېزې لاندې قرار لري بناً:

$$\Delta L_{AB} = \delta_b = \frac{N_{AB}\,.\,L_2}{E\,.\,A} = \frac{-60\,.\,10^3\,.0{,}3\,m}{70\,.\,10^9\,Pa\,.\,500\,.\,10^{-6}m^2} = -514\,.10^{-6}m = -0{,}514mm$$

$$\delta_D = \frac{N_{CD}\,.\,L_1}{E\,.\,A} = \frac{90\,.\,10^3\,.0{,}4\,m}{200\,.\,10^9\,Pa\,.\,600\,.\,10^{-6}m^2} = 300\,.10^{-6}m = 0{,}300mm$$

د(E)نقطي تغيرمكان :د(AB)او (CD)ميلوداوږديدني اولنډيدني دشكل بدلون موندلي دي نو د(B)او (D)نقطوهم بي ځايه والي كړيدي او د(E)نقطي دوارده قوي له اغيزي دځاي بدلون موندلي دي . څرنګه چي ميله ياګا ډر سخت او كلك دي نو د(B_1E_1)په يوه مستقيمه كرښه قرار لري (89.3–شكل) .



د(BB_1H)او (DD_1H)له ورته والي داسي لرو چي :

$$\frac{BB_1}{DD_1} = \frac{BH}{DH} => \frac{0{,}514}{0{,}3} = \frac{200-x}{x} => x = 73{,}71mm$$

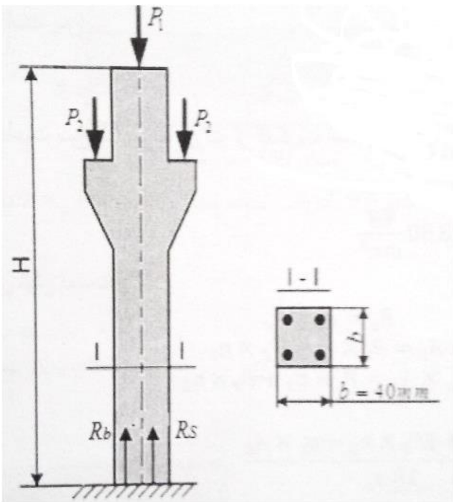
او د(EE_1H)،(DD_1H)مثلثودورته والي څخه كولي شو چي وليكو:

89.3–شكل

$$\frac{EE_1}{DD_1} = \frac{HE}{HD} => \frac{\delta_E}{\delta_D} = \frac{400+73{,}71}{73{,}71} = \delta_E = \frac{0{,}3(473{,}71)}{73{,}71} = 1{,}928mm$$

22. مثال: یوه داوسپنې کانکریت مربعي پایه چې عرضي مقطع یې(40 x 40mm)ملي متره دې دیوې محورې ($P_1 = 30Ton$)قوې او ددووکنارې قوو ($P_2 = 60Ton$)دپايې په کنسولې برخه کې آغېزه کړېده (90.3–شکل) .

په هغه صورت کې چې زیرمه ایز یا ذخیره وي (اضافه بارې) ضریبونه د(P_1) قوې لپاره ($n_1 = 1,2$)او د(P_2)لپاره ($n_2 = 1,3$) وي ، دارتجاعیت مودول یې دسیخونو لپاره (E_S) ،(18)ځلې زیات دارتجاعې مودل دکانکریت څخه وي که محاسبوي مقاومت یا فشارې تشنجات دکانکریت ($80 \ {}^{kg}/_{cm^2}$) وي نو په پایه کې دسیخونو قطرپیدأ کړي [2].



90.3–شکل

حل: څرنګه چې قوو په اوسپینز کانکریټي پایه عمل کړیدې او فولاد له کانکریټ سره یو ځای دې نو دسیخونو دقطر پیدأ کولو لپاره باید ولیدل شي چې په کوم مقدار قوو دسیخانو له پاسه عمل کړیدې . ددې کار لپاره دکانکریټ او فولادو لپاره عکس العملونه په جدأ ډول په نظر کې نیسو او ستاتیکې معادلې یې ترتیبوو:

$$\sum Fy = 0 => R_S + R_C - Pi = 0 => R_S + R_C = Pi$$

لیدل کېږي چې سیستم یو ځلې ناټاکلي دې نودبنې بدلون معادله یې ترتیبوو، له هغې ځایه چې اوسپنه او کانکریټ یوځاي کار کوي او دفشارې (داوږدوالي کموالې دشکل بدلون)قوولاډې قرار لري کولي شوچې ولیکو:

$$\Delta L_S = \Delta L_C$$

ځرنګه چې ($\sigma = \frac{N}{A}$)دې نو:

$$\frac{\sigma_S}{E_s} = \frac{\sigma_C}{E_C} \qquad ; \qquad \frac{R_S \times H}{E_S \times A_S} = \frac{R_C \times H}{E_C \times A_C}$$

له بلې خوا دفولاډو دارتجاعیت مودول (18)ځلې لوي دمودول ارتجاعیت کانکریټ څخه دې یا ($\frac{E_S}{E_C} = 18$)نو لرو چې :

$$\left.\begin{aligned} &\sigma_S = 18\sigma_C = 18 \,.\, 80\ {}^{Kg}/_{cm^2} = 1440Kg/cm^2 \\ &R_S = \sigma_S \,.\, A_S \qquad ; \qquad R_C = \sigma_C \,.\, A_C \\ &\sigma_S \,.\, A_S + \sigma_C \,.\, A_C = P_1 \,.\, n_1 + 2P_2 \,.\, n_2 \\ &18\sigma_C \,.\, A_S + \sigma_C \,.\, A_C = P_1 \,.\, n_1 + 2P_2 \,.\, n_2 \end{aligned}\right\}$$

$$A_S = \frac{P_1 \,.\, n_1 + 2P_2 \,.\, n_2 - \sigma_C \,.\, A_C}{18 \,.\, \sigma_C}$$

د(AB)مساحت دعرضي مقطع سره مساوي قبلوو:

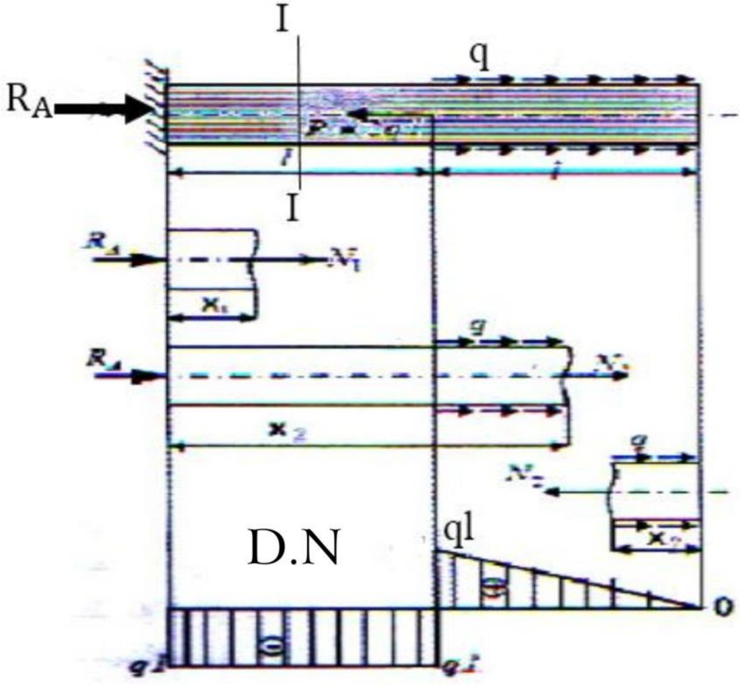
$$A_C = A = 40x40 = b^2$$

$$A_S = \frac{P_1 \,.\, n_1 + 2\,P_2 \,.\, n_2 - \sigma_C \,.\, b^2}{18 \,.\, \sigma_C}$$

$$= \frac{30 \,.\, 10^3 \,.\, 1{,}2 + 2 \,.\, 60 \,.\, 10^3 \,.\, 1{,}3 - 80 \,.\, 40 \,.\, 40}{18 \,.\, 80} = 44{,}4mm^2$$

اوس څلو رعدده فولاډې سیخونه چې قطر یې (40mm)دې انتخابوو تر څو بار په اطمینان سره وزغمي ، او محاسبوي قطر دسیخونو $A_S = 4 \,.\, \frac{\pi d^2}{4} = d =$ 37,6mmدي نو نظر شمېرنې ته یې (40mm) انتخابوو.

23. مثال: یوه میله دلاندې شکل مطابق دیوه مرکزي ($P = 2q . L$) او بل دوېشلي بار (q)تر اغېزې لاندې راغلې دې . داخلي قوې یې دبهرني با ر تراغېزې لاندې پیدا کړي او اپیور دهغې رسم کړي[2].



92.3– شکل

حل:په اول کې داتکأ عکس العمل پیدأ کوو او وروسته یې امتدادي یا داخلي قوې په لاس راوړو:

$$\sum Fx = 0 => -R_A + P - q . L = 0 => R_A = P - q . L$$
$$= 2q . L - q . L => R_A = q . L$$

دغوځې طریقې څخه په ګټه اخستلو داخلي قوې یې پیدأ کوو :

اوله غوڅه :

$$N_1 + R_A = 0 => N_1 = -R_A = -q . L$$

دوهمه غوځه :

$N_2 + R_A - P + q(X_2 - L) = 0 => N_2 = -R_A + P - q(X_2 - L)$

که ($X_2 = L$)سره شي نو:

$N_2 = -R_A + P = -q . L + 2 q . L = q . L$

که ($X_2 = 2L$)سره شي نو:

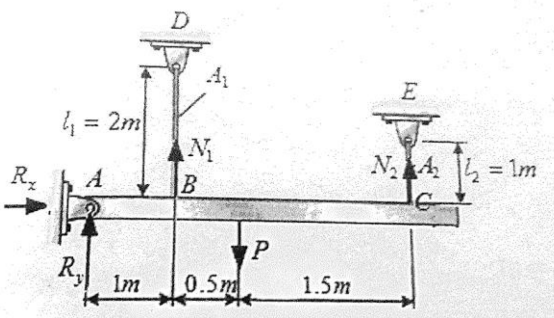
$N_2 = -R_A + P = -q . L + 2 q . L - q . L = 0$

که غوځه له ښي خوا څخه واخلو نو :

$N_2 - q . X_2 = 0 => N_2 = q . X_2 =>$; $X_2 = 0 => N_2 = 0$

$X_2 = L => N_2 = q . L$

24. مثال: یوسخت ګاډر د(A) نقطې په سخته مفصلي اتکا او نورو دوو(BD)او (CE) میلو پواسطه د(D)او (E) په نقطو کې محکم شویدي (93.3 -شکل) ،که مساحت دمیلو($A_1 = 5cm^2$)،($A_2 = 10cm^2$)، وارده قوه($P = 300KN$)او مجازي تشنجات يې ($[\sigma] = 160Mpa$)سره وي دتشنجاتو مقدارپه میلو کې پیدأ کړي [2].



93.3 -شکل

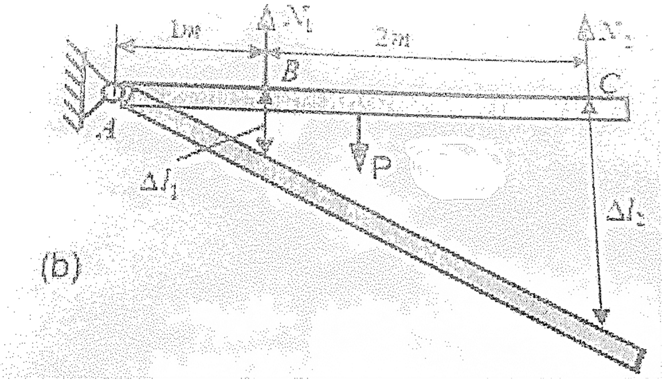
حل: اول داتکاوو عکس العملونه او امتدادي قوې په (BD) او (CE)میلو کې نشانې کوو اوستاتیکې معادې یې ترتیب کوو :

$\sum Fx = 0 => R_X = 0$

$\sum Fy = 0 => R_y + N_1 + N_2 - P = 0$

$\sum M_A = 0 => N_1 . 1 + N_2 . 3 - P . 1,5 = 0$

لیدل کېږي چې دري معادلې او څلور مجهوله موجود دي چې سیستم یوځل ناټاکلي دي نو یوه اضافي معادله تشکیلوو چې هغه معادله دمیلو دبڼې (شکل) دبدلون معادله ده .نظر ورته والي د(94.3 -شکل) دمثلثو څخه پیدأ کوو.



94.3 -شکل

$$\frac{\Delta L_2}{\Delta L_1} = \frac{3}{1} => \Delta L_2 = 3\Delta L_1$$

$$\Delta L_1 = \frac{N_1 . L_1}{E . A_1} \quad ; \quad \Delta L_2 = \frac{N_2 . L_2}{E . A_2}$$

$$\frac{N_2 . L_2}{E . A_2} = 3\frac{N_1 . L_1}{E . A_1} => N_2 = \frac{3 N_1 . L_1 . A_2 . E}{E . A_1} = \frac{3 N_1 . 2. 10 . 10^{-4}}{5 . 10^{-4}} = 12N_1$$

د(N_2)قیمت دمومنټ په معادله کې وضع کوو لروچې:

$$N_1 . 1 - P . 1{,}5 + 12 N_1 . 3 = 0 => N_1 = \frac{P . 1{,}5}{37} = 12{,}16KN$$

$$N_2 = 12N_1 = 12{,}16 . 12 = 146KN$$

$$R_y = -N_1 - N_2 + P = -12{,}16 - 146 + 300 = 141{,}8KN$$

په میلوکې دتشنجاتو مقدار مساوي دي په:

$$\sigma_1 = \frac{N_1}{A_1} = \frac{12{,}16 . 10^{3}}{5 . 10^{-4}} = 2{,}43 . 10^7 \, {}^{N}/_{m^2} = 25MPa$$

$$\sigma_2 = \frac{N_2}{A_2} = \frac{146 . 10^{3}}{10 . 10^{-4}} = 14{,}6 . 10^7 Pa = 14{,}6 . 10^7 \, {}^{N}/_{m^2} . \frac{1}{10^6} = 146MPa$$

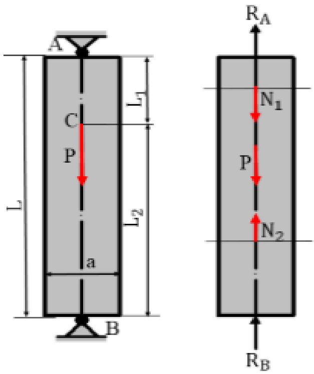
دمجازي قوې مقدار لدې رابطې په لاس راوړو:

$$\frac{[P]}{P} = \frac{[\sigma]}{\sigma_{max}} => [P] = \frac{P\,.\,[\sigma]}{\sigma_{max}} => \frac{300\,.\,10^3\ N\,.\,160\,.\,10^6\ N/_{m^2}}{146\,.\,10^6\ N/_{m^2}}$$

$$= 328{,}77\,.\,\frac{10^3 N}{10^3 KN} = 328{,}77KN$$

25–مثال: د(L) په اوږدوالي د(AB) میله د(B)او (A) په بي خوځیدني اتکأ وو کي تړل شویدي (3. 95 شکل) دتشنجاتو مقدار د(P) قوي له اغېزي پیدأ کړئ [8].

حل:– اتکاووي په عکس العملونو عوض کوو او ستاتیکي معادله یې ترتیبوو:



3. 95 شکل

$$P = R_A + R_B$$

$$\Delta L_{AC} + \Delta L_{BC} = 0 => \delta_1 = \delta_2 = 0$$

$$\frac{R_A\,.\,L_1}{E\,.\,A} + \frac{-R_B\,.\,L_2}{E\,.\,A} = 0 => R_A = R_B\frac{L_2}{L_1} \qquad ; \qquad R_B\frac{L_2}{L_1} + R_B = P =$$

$$> R_B\left(1 + \frac{L_2}{L_1}\right) = P => \frac{P\,.\,L_1}{L} = R_B$$

$$R_A = P - \frac{P\,.\,L_1}{L} => P - \frac{P\,.\,L_1}{L_1 + L_2} = \frac{P(L_1 + L_2) - P\,.\,L_1}{L_1 + L_2} = \frac{P\,.\,L_2}{L} = R_A$$

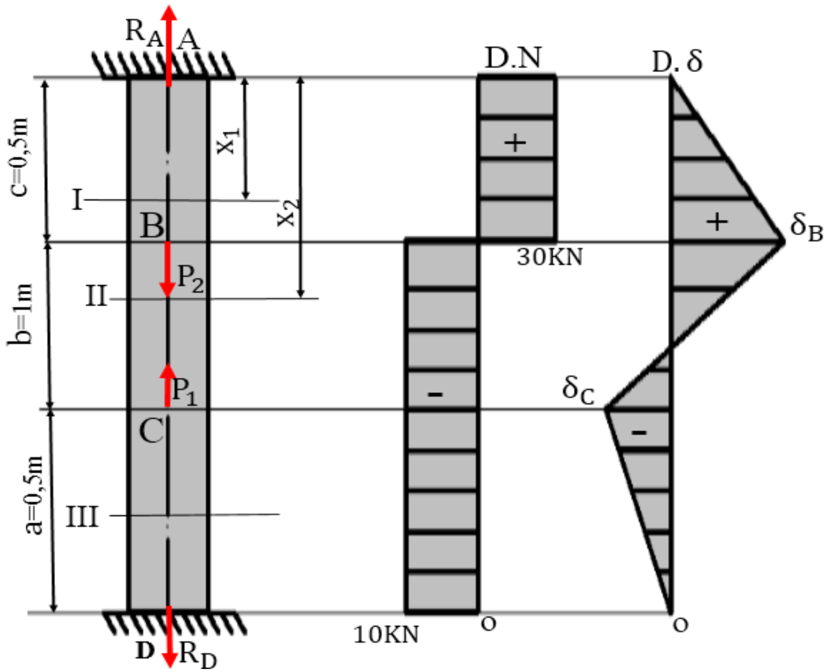
$$\sigma_1 = \frac{R_A}{A} = \frac{P\,.\,L_2}{A\,.\,L} \qquad ; \qquad \sigma_2 = \frac{R_B}{A} = \frac{P\,.\,L_1}{A\,.\,L}$$

26 .مثال: یوه میله چې د مقطع مساحت یې ثابت (A) دي په دواړو سرونوکي دثابتو محکمو اتکأوو په واسطه تړل شویده ($P_1 = 20KN$)او ($P_2 = 40KN$) په واسطه بارشویده (96.3–شکل)، په هغه صورت کي چې($A = 20cm^2$) ، (E =

او (2 . 10 MPa و [σ] = 160Mpa) وي ، دامتدادي قوې او بې ځايه کيدني اپيورونه د (B) او (C) په نقطو کې پيدأ کړئ [2].

حل: په اتکأ ووکې عکس العلمونه نشاني کوو ، او دتعادل معادله يې ليکو :

$$\sum Fy = 0 => R_A - R_D + P_1 - P_2 = 0$$



96.3 -شكل

خرنګه چې په معادله کې دوه مجهوله دي نو يوه مرستندويه معادله يا دشکل دبدلون معادله ورته برابروو او داخلي قوې چې ورته ضرورت دي دغوڅې له طريقې يې پيدأ کوو:

$$I - I : \quad R_A - N_1 = 0 => R_A = N_1$$
$$II - II : \quad -N_2 - P_2 + R_A = 0 => R_A - P_2 = N_2$$
$$III - III : \quad N_3 + R_D = 0 => N_3 = -R_D$$
$$\Delta L_{AB} = \frac{N_1 . C}{E . A} = \frac{R_A . C}{E . A}$$

$$\Delta L_{BC} = \frac{N_2 \,.b}{E\,.\,A} = \frac{(R_A - P_2)\,.\,b}{E\,.\,A}$$
$$\Delta L_{CD} = \frac{N_3 \,.a}{E\,.\,A} = \frac{-R_D\,.\,a}{E\,.\,A}$$

څرنګه چې په دواړو سرونو کې اتکأووې شته دې نو عمومي دشکل بدلون يې له صفر سره مساوي دې ، او له بلې خوا($a = c$ او $b = 2\,.\,a$) سره دې نو :

$$\Delta L_{AB} + \Delta L_{BC} + \Delta L_{CD} = \frac{R_A\,.\,C}{E\,.\,A} + \frac{(R_A - P_2)\,.\,b}{E\,.\,A} - \frac{R_D\,.\,a}{E\,.\,A} =>$$
$$\frac{R_A\,.\,a}{E\,.\,A} + \frac{(R_A - P_2)\,.\,2a}{E\,.\,A} - \frac{R_D\,.\,a}{E\,.\,A} = \frac{a}{E\,.A}[R_A + 2(R_A - P_2) - R_D\,] = 0$$

دمعادلې اطراف په ($\frac{E\,.\,A}{a}$)ضربوو لرو چې :

$$3R_A - R_D = 2P_2 \quad => R_D = -2P_2 + 3R_A$$

پیدأ شوي قیمتونه دتعادل په معادله کې وضع کوو پیدأ به کړو چې :

$$R_A - R_D + P_1 - P_2 = 0 => R_A + 2P_2 - 3R_A + P_1 - P_2$$
$$= -2R_A + P_2 + P_1 = 0$$
$$R_A = 30KN \quad ; \quad N_1 = 30KN \quad ; \quad N_2 = -10KN \quad ; \quad N_3 = -10KN$$
$$\delta_X = \frac{N_{AB}\,.\,X_1}{E\,.\,A} = \frac{N_1\,.\,X_1}{E\,.\,A} = \frac{R_A\,.\,X_1}{E\,.\,A} \quad ; \quad X_1 = 0 => \delta_X = \delta_A = 0$$

د(AB)برخې لپاره :که ($0{,}5m = X_1 = C$)شي نو:

$$\delta_B = \frac{R_A\,.\,a}{E\,.\,A}$$

د(BC)برخې لپاره :که ($C \le X_2 \le 3a$)شي نو:

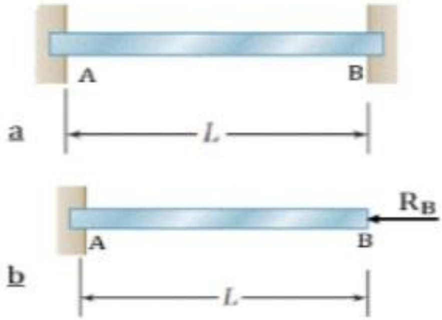
$$\delta_{x_2} = \delta_B = \frac{N_{BC}\,.\,(x - c)}{E\,.\,A}$$
$$x_2 = C => \delta_{x_2} = \delta_B \;,\; x_2 = c + b = 3a => \delta_{x_2} = \delta_C$$
$$= \frac{R_A\,.\,a}{E\,.\,A} + \frac{N_{BC}\,.\,(3a - c)}{E\,.\,A}$$

د(CD)برخې لپاره :که ($3a \le X_3 \le 4a$)شي نو:

$$\delta_{x_3} = \frac{N_{CD}\,.\,(x_3 - c - b)}{E\,.\,A} + \delta_C \quad ; \quad x_3 = 3a => \delta_{x_3} = \delta_C$$
$$x_3 = 4a => \delta_{x_3} = \delta_D = 0$$

3 . 13 :حرارتي تشنجات:

پوهیږوچي تودوخه په ټولوجسمونوباندې آغېزه لري اوپه جسم کې دشکل بدلون منځ ته راولي .هغه تشنجات چې په یوه ساختمان کې دحرارت له اغېزې منځ ته راځي دحرارتي تشنجاتو په نوم يادېږي.دموضوع دڅرګندوالي لپاره لاندې مثال ګورو ,[7] .[2]



97.3–شکل:ناټاکلي ستاتيکي ګاډر

فرضوچې د(AB) یوګاډرپه دواړوسرونوکې محکم شوي دي لومړني تودوخه یې ($t_1{}^{\circ}c$)دي خووروسته یې دتودوخې درجه ($\alpha t_2 = \alpha \,.\, t_2 C^{\circ}$)ته پورته کېږي. دلومړنی تودوخې درجې اوآخري تودوخې درجې ترمنځ فرق مساوي دي په:

$$\Delta t = t_1 - \alpha \,.\, t_2$$

که یوسردګاډرتړلی نه وي په دې صورت کې ګاډردحرارت ددرجې له اغېزې اوږدیدنه کوي.اودتشنجاتودمنځته راتګ علت به يې موجودنه و.مګرچې دګاډر دواړه سرونه په دیوالونوکې محکم وي نوداوږدیدنې مانع کېږي نوګاډردحرارت ددرجې له اغېزې سره ننوځي یا منقبض کیدنه دګاډردامتدادي قوې کېږي.همدامنقبض اوتشنجاتودمنځ ته راتګ سبب کېږي ، خوګاډرنامعلوم ستاتيکي دي،اوس یوه اتکأتري لري کوو اودهغې آغېزه په عکس العمل (R_B)سره بنایو(97.3b–شکل)که د(R_B)قوه نه وي پدې صورت کې اوږدوالي دګاډرد(Δ_L)په اندازه اوږدیدنه کولی.

$$\Delta L_t = \alpha \,.\, L \,.\, \Delta t$$

په پورته فورمول کې: (α)–دګاډردموادووانبساطي حرارتي ضريب دې چې دتجربې په بنأ پيداکيږي.درکړل شوی ګاډر دوې اتکأوې لري ، اود(R_B)عکس العمل موجود دې نوپه ګاډرکې اوږديدنه منځته نه راځي .که دحرارت له اغيزې ګاډر د(ΔL_t)په اندازه اوږديږي له بلې خواد(R_B)قوې له اغيزې ګاډرد (ΔL_R)په اندازه لنډيږي نو:

$$\Delta L_t = \Delta L_R$$

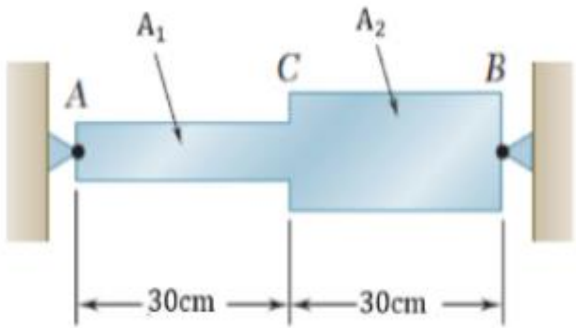
دهوك دقانون په بنأ اوږديدنه په ګاډرکې په لاندې ډول پيداکولي شو:

$$\Delta L_R = \frac{R_B\,.\,L}{E\,.\,A} => \alpha\,.\,L\,.\,\Delta t = \frac{R_B\,.\,L}{E\,.\,A} => R_B = E\,.\,A\,.\,\alpha\,.\,\Delta t$$

$$\sigma = \frac{R_B}{A} = E\,.\,\alpha\,.\,\Delta t$$

27.مثال:يوه فولادې ميله چی بدليدونکې مقطع لري ،که مساحتونه دميلو ($A_1 =$ $5cm^2$)او($A_2 = 10cm^2$)وي دتودوخې دتوپيرله کبله دتشنجاتوتراغيزې لاندې دې، (98.3–شکل) که اولنې تودوخه يې($t_1 = 10\ c^{\circ}$)اودوهمه زياتيدونکې تودوخه يې ($t_2 = 50\ c^{\circ}$)ته ورسيږي ، نودميلې په مقطعوکې دتشنجاتومقدارمعلوم کړي.که دفولادوخطي انبساطي حرارتي ضريب ($\alpha = 130\,.\,10^{-7}grad$)اودارتجاعيت مودول يې ($E = 2\,.\,10^5MPa$)وي [2].

حل: ليدل کيږي چې ميله ددووناخوځنده اتکاوو درلودونکې ده نوسيستم ناټاکلي ستاتيکې دې نودداخلي قووو اوتشنجاتودپيداکولولپاره بايد اول عکس العملونه پيداشي که د(B)اتکادميلې د(ΔL_t)په اندازه زياتوالي کړيدې خود(R_B)عکس العمل له اغيزې يې (ΔL_{RB})په اندازه کموالي منځ ته په کې راغلی دې نو په ټوله ميله کې دشکل بدلون مساوي له صفرسره دې:



98.3-شکل

$$\Delta L_t + \Delta L_{RB} = 0$$
$$\Delta L_t = \alpha . L . \Delta_t \qquad ; \qquad \Delta_t = t_2 - t_1 = 40C^{\circ}$$
$$\Delta L_{RB} = \frac{N.\ L_1}{E.\ A_1} + \frac{N.\ L_2}{E.\ A_2} \qquad ; \qquad N = R_B => \Delta L_{RB}$$
$$= \frac{R_B.\ L_1}{E.\ A_1} + \frac{R_B.\ L_2}{E.\ A_2} = \frac{R_B}{E}\left(\frac{L_1}{A_1} + \frac{L_2}{A_2}\right) => \Delta L_{RB}$$
$$= \frac{R_B}{2.10^5}\left(\frac{0,3}{5.\ 10^{-4}} + \frac{0,3}{10.\ 10^{-4}}\right) = \frac{R_B}{2.10^{11}}\left(\frac{0,9}{10.\ 10^{-4}}\right)$$
$$= R_B\,(0,045).10^{-7}$$
$$\Delta L_t + \Delta L_{RB} = 0 => \alpha . L . \Delta_t + 0,045 . 10^{-7} R_B = 0 => R_B = \frac{-\alpha . L . \Delta_t}{0,045 . 10^{-7}}$$
$$\sigma_1 = \frac{R_B}{A_1} \qquad ; \qquad \sigma_2 = \frac{R_B}{A_2}$$

28.مثال: دلاندې رسم شوي بدليدونکي ميلې چې دهرې برخې ابعاد يې درکړل شويدې او يو ټاکلي ستاتيکې سيستم دې لاندې درکړل شوي برخې يې پوره کړئ؟(99.3 –شکل)[2] .

1.دميلې دمحاسبوي شيما رسم په مقياس سره.

2.داتکأ يې عکس العملونو پيدأ کول.

3.دهرې برخې لپاره دغوڅې طريقې څخه په ګټه اخيستني سره دداخلي قوو محاسبه .

4.دنا رملي تشنجاتو پیدأ کول او شمېرل .

5.دپیدأ شوو ارقامو له مخې دداخلي قوو او تشنجاتو داپیورونو رسمول.

6.دمیلې دهغې برخې چې زیات تشنج لري دمحکم والي آزماینښت.

7.دمیلې دهرې برخې دشکل بدلون(اوږدیدنه-لنډیدنه) پیدأکول.

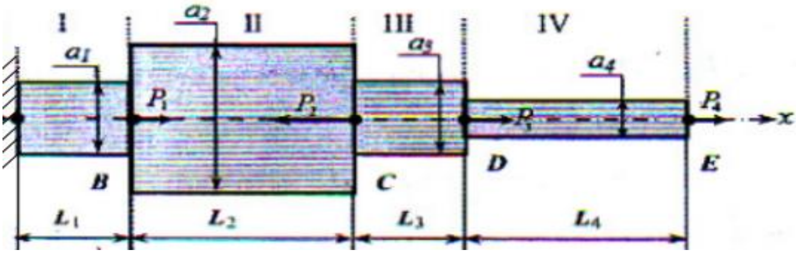
8.دټولې میلې داوږدیدنې اولنډیدنې پیدأکول.

په هغه صورت کې:

$P_1 = 10KN$; $P_2 = +50KN$; $P_3 = 10KN$; $P_4 = 10KN$

$a_1 = 20mm$; $a_2 = 40mm$; $a_3 = 20mm$; $a_4 = 10mm$

$L_1 = 500mm$; $L_2 = 1000mm$; $L_3 = 500mm$; $L_4 = 1000mm$



a99.3– شکل :دمیله ئي ټاکلي ستاتیکي سیستم هندسي شیما

حل:

1.محاسبوي شېما دمیلې په (b99.3– شکل)کې په مقیاس رسم شویدې.



b99.3– شکل :محاسبوي شېما دميلې دټاکلي ستاتيکې سيستم

2.د(A)دثابتي اتکأ دعکس العمل پيدأ کول:

$$\sum F_X = 0 => R_A + P_1 - P_2 + P_3 + P_4 = 0$$

$$R_A = -P_1 + P_2 - P_3 - P_4 = -10 + 50 - 10 - 10 = 20KN$$

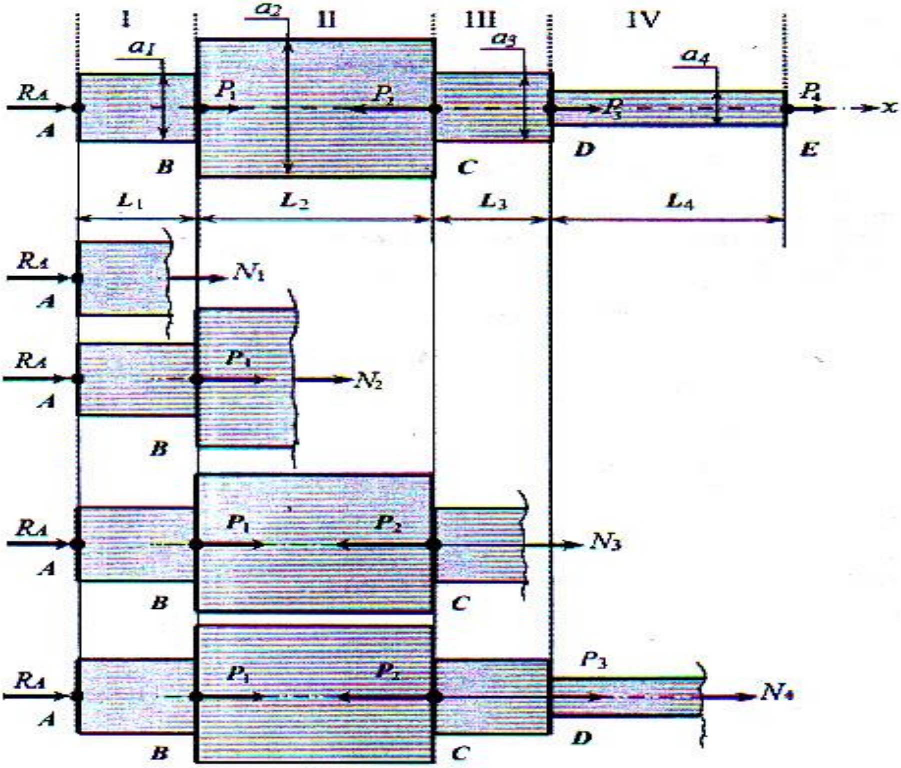
3.دغوڅې (قطعې) له طريقې څخه په ګټه اخيستنې سره داخلي قوې يې پيداکوو(3.100–شکل)

$$I - I \text{ Section:} - \sum F_x = 0 => R_A + N_1 = 0 => N_1 = -R_A = -20KN$$

$$II - II \text{ Section:} - \sum F_x = 0 => R_A + P_1 + N_2 = 0 => N_2 = -30KN$$

$$III - III \text{ Section:} - \sum F_x = 0 => N_3 = -R_A - P_1 + P_2 = 20KN$$

$$IV - IV \text{ Section:} - \sum F_x = 0 => N_4 = -R_A - P_1 + P_2 - P_3 = 10KN$$



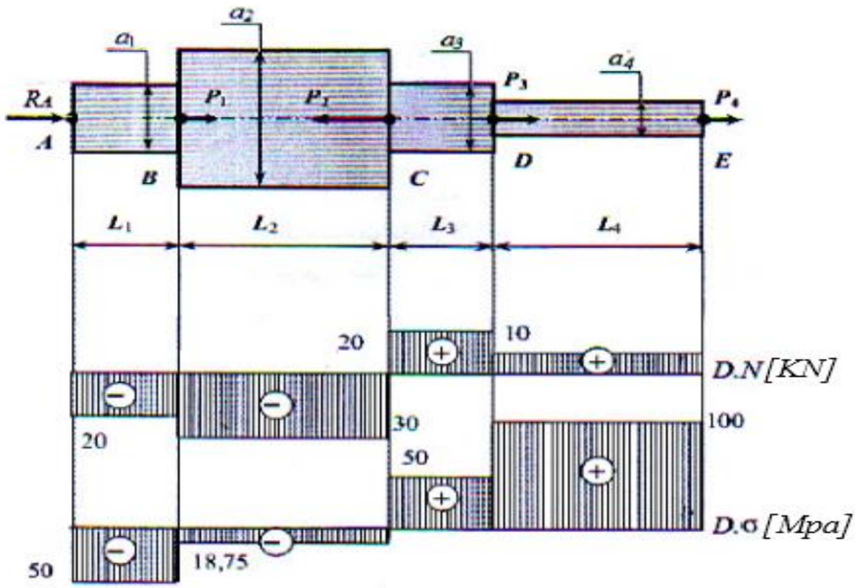
100.3–شکل:دداخلي قوو دپيدأ كولو لپاره دغوڅې پلان

4.دمساحت دپيدأ كولو لپاره دميلې هره برخه مربعي ده نو($A_i = ai^2$) سره دي پس مقياس($1\,{}^{N}/_{mm^2} = 1MPa$).

$$\sigma_1 = \frac{N_1}{A_1} = \frac{-20\,.\,10^3}{(2\,.\,10)^2} = -50MPa \; ; \quad \sigma_2 = \frac{N_2}{A_2} = \frac{-30\,.\,10^3}{(4\,.\,10)^2} = -18{,}75MPa$$

$$\sigma_3 = \frac{N_3}{A_3} = \frac{20\,.\,10^3}{(2\,.\,10)^2} = 50MPa \quad ; \quad \sigma_4 = \frac{N_4}{A_4} = \frac{10000}{(1\,.\,10)^2} = 100MPa$$

5.اپیورونه رسموو(3.101-شکل).



3.101-شکل: دامتدادي قوې اونارملي تشنجاتو اپیورونه

6.په محکم والي کې دمیلې ازمایښت : ددې لپاره چې میله دبهرنیوبارو له اغېزې تخریب نشي نودلاندې فورمول پواسطه یې امتحان وو:

$$\sigma_{max} = \frac{N_{max}}{A} \leq [\sigma]$$

له شمېرنې معلومېږي چې لوي مقدار دتشنجاتو په څلورمه برخه دمیلې کې ($\sigma_4 =$ 100MPa)دې نو لرو چې :

$$\sigma_{max} = 100 < 160 = [\sigma]$$

له پورته شمېرنې معلومه شوه چې محاسبوي تشنجات کم له مجازی تشنجاتو څخه دې نو محکم والي دمیلې تامین دې .

7.دمیلې دهرې برخې دشکل بدلون :تغیر شکل دمیلې دهوك قانون په بنأ پیدأ کولي شو.

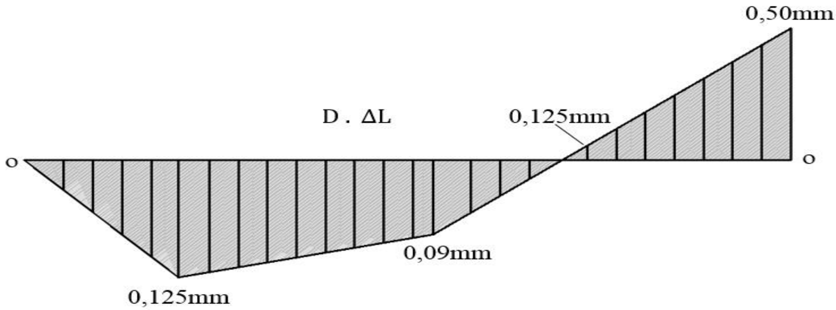
$$\Delta L_i = \frac{N_i \;.\; L_i}{E\,.\,A_i} \qquad \text{or} \qquad \Delta L_i = \frac{\sigma_i \;.\; L_i}{E}$$

$$\Delta L_1 = \frac{\sigma_1 \;.\; L_1}{E} = \frac{-50\,.\,500}{2\,.\,10^5} = -12{,}5\,.\,10^{-2}mm$$

$$\Delta L_2 = \frac{\sigma_2 \;.\; L_2}{E} = \frac{-18{,}75\,.\,1000}{2\,.\,10^5} = -9{,}375\,.\,10^{-2}mm$$

$$\Delta L_3 = \frac{\sigma_3 \;.\; L_3}{E} = \frac{50\,.\,500}{2\,.\,10^5} = 12{,}5\,.\,10^{-2}mm$$

$$\Delta L_4 = \frac{\sigma_4 \;.\; L_4}{E} = \frac{100\,.\,1000}{2\,.\,10^5} = 50\,.\,10^{-2}mm$$



8.دټولې میلې اوږدیدنه او ټولیدنه (لنډیدنه): اوږدیدنه او لنډیدنه دمیلې دشکل بدلون دهرې برخې له الجبري جمع حاصل څخه پلاس راځي :

$$\delta = \sum_{1}^{n} \Delta Li \quad \text{or} \quad \delta = \Delta L_1 + \Delta L_2 + \Delta L_3 + \Delta L_4$$

$$\delta = (-12{,}5 - 9{,}375 + 12{,}5 + 50)\,.\;10^{-2} = 40{,}625\,.\,10^{-2}mm$$

پایله :

1.دمسلې دحل په خاطر دمیلې دهرې برخې عددي قیمتونه مو دامتدادي قوې او نارملي تشنجاتو څخه پیدأ کړل.

2.داوږدیدنې او لنډیدنې اپیورونه دمیلې مو رسم کړل .

3.دمطلقې اوږدیدنې مقدار مو پیدأ کړ.

4.دمحاسبې معلومه شوه چې دمیلې په څلورمه برخه کې ډېر زیات تشنجات شته .

5.دشمېرنې له مخې معلومه شوه چې دميلې په هره برخه کې تشنجات کوچني له مجازي تشنجاتو څخه دې ، بنأ پدې دميلې محکم والي نظر وارد شويو بهرنيو بارونو ته تامين دې . دريم نمبر(۳)کورني دنده

دناټاکلي ستاتيکي سيستم دمحاسبې لپاره جدول

دواريانت ګڼه	P_i				a				L_i			
	P_1	P_2	P_3	P_4	a_1	a_2	a_3	a_4	L_1	L_2	L_3	L_4
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	P	3P	P	P	2a	A	2a	a	L	L	L	L
2	P	3P	2P	P	a	A	2a	2a	2L	L	L	L
3	*P*	3P	P	3P	3a	A	3a	3a	L	2L	L	L
4	P	P	2P	2P	4a	2a	a	a	L	L	2L	L
5	P	2P	2P	P	4a	A	2a	2a	L	L	L	2L
6	2P	3P	P	P	3a	2a	4a	4a	2L	2L	L	L
7	2P	5P	P	2P	4a	4a	2a	2a	2L	L	2L	L
8	P	2P	P	P	4a	4a	2a	2a	L	L	2L	2L
9	P	4P	P	2P	a	3a	2a	2a	L	L	L	L
10	P	2P	P	2P	4a	4a	3a	3a	L	2L	L	L
11	P	3P	*P*	P	2a	A	2a	a	L	L	L	L
12	P	P	P	2P	a	A	2a	2a	2L	L	L	L
13	P	3P	P	P	3a	A	3a	3a	L	2L	L	L
14	2P	2P	P	2P	4a	2a	a	a	L	L	2L	L
15	P	2P	P	2P	4a	A	2a	2a	L	L	L	2L
16	P	P	2P	3P	3a	2a	4a	4a	2L	2L	L	L
17	P	P	2P	5P	4a	4a	2a	2a	2L	L	2L	L
18	2P	P	P	2P	4a	4a	a	2a	L	L	2L	2L
19	2P	P	P	2P	a	3a	2a	2a	L	L	L	L
20	P	P	P	3P	4a	4a	2a	3a	L	2L	L	L
21	P	2P	2P	P	3a	2a	4a	4a	2L	2L	L	L
22	2P	3P	2P	P	4a	4a	2a	2a	2L	L	2L	L
23	P	3P	P	P	4a	4a	a	2a	L	L	2L	2L
24	P	2P	P	2P	a	3a	2a	2a	L	L	L	L
25	P	P	2P	3P	4a	4a	2a	3a	L	2L	L	L
26	P	P	2P	2P	4a	A	2a	a	L	2L	2L	3L
27	P	2P	2P	P	3a	2a	2a	3a	L	L	3L	2L
28	P	P	P	2P	4a	2a	3a	a	2L	L	L	3L
29	P	3P	P	P	4a	4a	a	2a	L	L	2L	2L
30	P	2P	2P	P	a	3a	2a	2a	3L	2L	L	L

29.مثال: ديوې نامعلومې ستاتيكي ميلې چې ثابته مقطع لري ، د(P_1)،(P_2)او (P_3)خارجي قوو تراغېزې لاندې ده ليكل شوې اړونده جزيائيات يې پوره كړې :

1.دميلې دمحاسبوي شېما رسمول،دخارجي قوو او اتكأ يزو عكس العملونو ښودل.

2.دستاتيكې معادلو ترتيبول .

3.دسيستم دناټاكل توب(نامعلوموالي) درجې تعين.

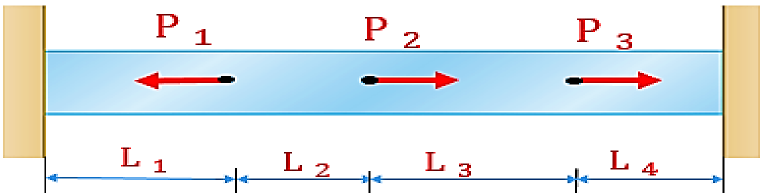
4.دشكل بدلون دمعادلو پيدأ كول .

5.دنامعلومورابطو پيدأ كول (عكس العملونه)دشكل بدلون له معادلو څخه .

6.د داخلي قوو پيدأ كول.

7.دتغيرشكل يا خطي تغيرمكان پيدأ كول.

8.دشكل بدلون او داخلي قوو داپيوروونو رسمول [2].



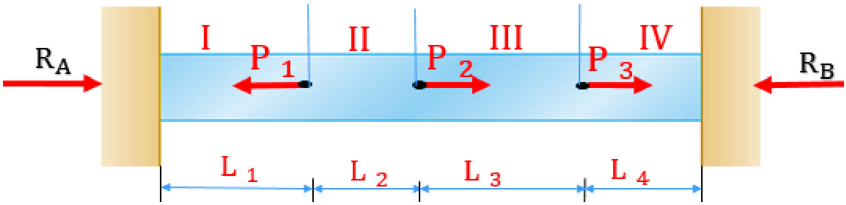
104.3 –شكل:نامعلومه ستاتيكې ميله

حل: دپوښتنې دحل لپاره لاندې لومړنې ارقام په پام كې نيسو:

$P_1 = 2P \quad ; \quad P_2 = P \quad ; \quad P_3 = P \quad ; \quad L_1 = L_2 = L_3 = L_4 = L$

دارتجاعيت مودول (E)او مساحت يې(A) دي .

1.دمحاسبوي شېما په مقياس رسمول او داتكأيې عكس العملونو ښودل.(105.3– شكل).



105.3–شکل: دمحاسبوي شېما په مقياس رسمول

2.دستاتيکي معادلو ترتيب:

ځرنګه چې قوو يوازي د (X) محور په امتداد عمل کړی دی نو يوه معادله موجوده ده :

$$\sum Fx = R_A - P_1 + P_2 + P_3 - R_B = 0$$

3 . دنامعلوموالي د درجې ټاکل :

دنامعلوموالی درجه عبارت له : دستاتيکی معادلو شمېره منفی دنامعلومو رابطو دشمېر څخه دی:

$$Ns = Nx - Nm = 2 - 1 = 1$$

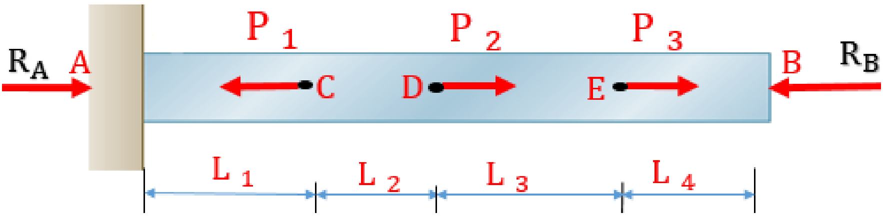
په پورته فورمول کې – (Ns)دنامعلوم والي درجه دسيستم ،(Nx) دمجهولوشمېره ، (Nm) دمعادلو شمېره ده .

ځرنګه چې ليدل کېږی سيستم يووار نامعلوم دې نو دحل په خاطر يی يوی معادلې ته ضرورت دی .

چې دا معادله کيدای شی د ميلی دتغير شکل معادله وی .

4 . دتغير شکل معادلې ترتيبول ديوه مجهول د معلومولو په خاطر :

ددې کار لپاره يو له اتکاوو څخه آزادو او په فرضي ډول يی د هغې اتکاء آغېزه په عکسل العمل باندې عوض کوو .لاندې شکل :



106.3-شکل

دپورته میلی په پام کی نیولو سره او د قوو دمستقل عمل څخه په کټي اخیستني سره د (B) په نقطه کي تغیر مکان له صفر سره مساوی دی . نو دخارجي قوو دعمل له اغیزي او د(R_B) عکس العمل په پایله کي لاندي دتغیر مکان معادله لیکو:

$\Delta L_B = 0$

$\Delta L_B = \Delta L_B(R_B) + \Delta LB(Pi)$

اوس دهوك د قانون په بنأد Bنقطی تغیر مکان دهري یوي قوي او عکس العمل په نظرکي نیولو (چی علامه ورسره شرط ندي)سره لیکو چي :

$$\Delta Li = \frac{P_i \cdot L_i}{E \cdot A} \quad ; \qquad \Delta L_{RB} = \frac{R_B(L_1+L_2+L_3+L_4)}{E \cdot A} .$$

$$\Delta L_{B(P1)} = \frac{P_1 \cdot L_1}{E \cdot A} \quad ; \quad \Delta L_{B(P_2)} = \frac{P_2(L_1+L_2)}{E \cdot A} \quad ; \; \Delta L_{B(P_3)} = \frac{P_3(L_1+L_2+L_3)}{E \cdot A}$$

اوس پورتني قیمتونه دتغیر مکان په معادله کی وضع کوو، دقووعلامي او جهتونه یي په پام کي نیسو:

$$\Delta L_B = -\frac{2P \cdot L}{E \cdot A} + \frac{P \cdot 2L}{E \cdot A} + \frac{P \cdot 3L}{E \cdot A} - \frac{R_B \cdot 4L}{E \cdot A} = 0$$

5.لدي ځایه د (R_B)قیمت په لاس راوړو او کولی شو چي (R_A)هم پیداکړو:

پوهیږو چي $\Delta L_B = 0$دی نو:

$$-\frac{2P.L}{E.A}+\frac{P.2L}{E.A}+\frac{P.\ 3L}{E.A}-\frac{R_B\ .4L}{E.A}=0$$

$$R_A=\frac{3}{4}P \qquad ; \qquad R_A=\frac{3}{4}P$$

6.دداخلي (امتدادي) قوو پیداکول:

$$\text{Sec I}-\text{I}:\quad N_1=-R_A=-\frac{3}{4}P$$

$$\text{Sec II}-\text{II}:\quad N2=-R_A+2P=-\frac{3}{4}P+2P=\frac{5}{4}P.$$

$$\text{Sec III}-\text{III}:\quad N_3=-R_A+2P-P=-\frac{3}{4}P+2P-P=\frac{1}{4}P$$

$$\text{Sec IV}-\text{IV}:\quad N_4=-R_A+2P-P-P=-\frac{3}{4}P+2P-2P=-\frac{3}{4}P.$$

7.دمیلې د مختلفو نقطو دتغیر مکان پیداکول:

دیوی نقطی تغیر مکان په بله نقطه باندی آغیزه لری نو باید. D, C, B, A او E نقطو تغیر مکان له لاندی رابطی څخه پیداکړو.

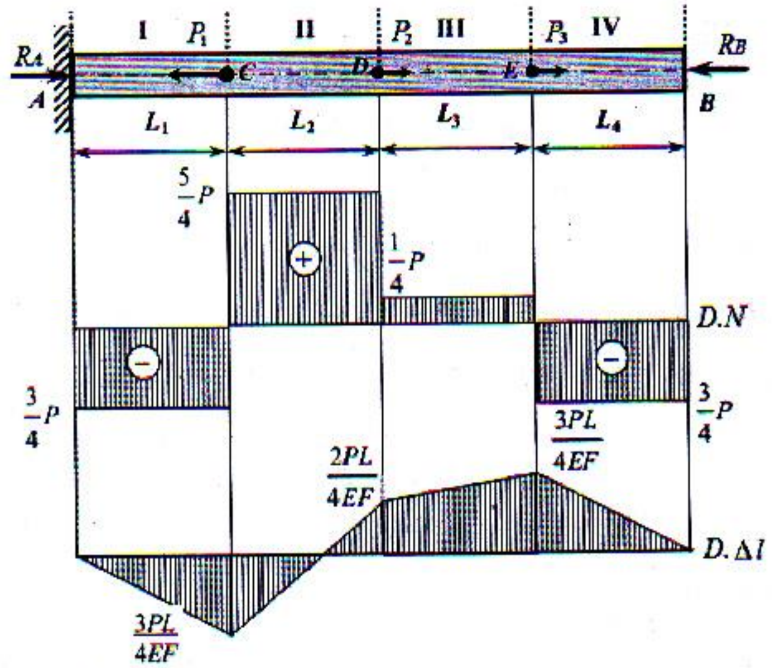
$$\delta i=\delta_{i-1}+\sum_{1}^{n}\frac{N_i\ .\ L_i}{(E\ .\ A)i}$$

$$\delta_C=\delta_A+\frac{N_1\ .\ L_1}{E\ .\ A}=-\frac{3P\ .\ L}{4E\ .\ A}$$

$$\delta_D=\delta_C+\frac{N_2\ .\ L_2}{E\ .\ A}=-\frac{3P\ .\ L}{4E\ .\ A}+\frac{5P\ .\ L}{4E\ .\ A}=\frac{2P\ .\ L}{4E\ .\ A}$$

$$\delta_E=\delta_D+\frac{N_3\ .\ L_3}{E\ .\ A}=+\frac{2P\ .\ L}{4E\ .\ A}+\frac{1P\ .\ L}{4E\ .\ A}=\frac{3P\ .\ L}{4E\ .\ A}$$

$$\delta_B=\delta_E+\frac{N_4\ .\ L_4}{E\ .\ A}=+\frac{3P\ .\ L}{4E\ .\ A}-\frac{3P\ .\ L}{4E\ .\ A}=0$$



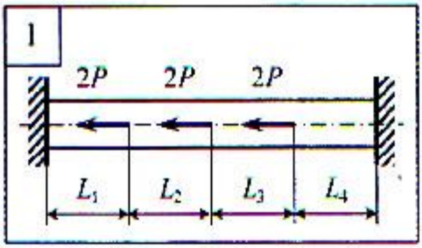
107.3– شکل:دميلې دنقطو تغيرمکان او دامتدادي قوواپيورونه

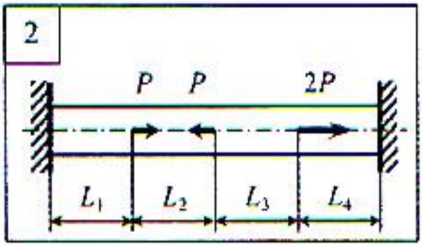
خلورم نمبر(۴)کورني دنده

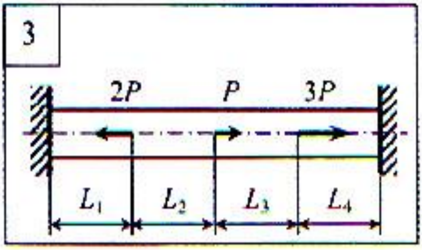
دثابت مقطع لرونکې ناټاکلي ستاتيکي ګاډرونو دمحاسبې لپاره اړوندجدول

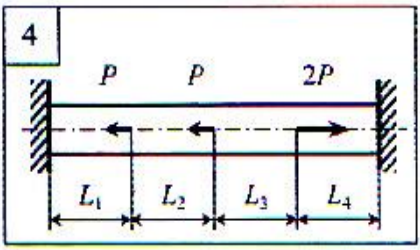
L_4	L_3	L_2	L_1	L(mm)	P(KN)	دواريانت ګڼه
0,4L	0,2L	1,8L	L	350	5	1
0,8L	1,8L	L	0,8L	350	5	2
1,6L	2L	0,8L	1,6L	350	5	3
L	L	0,4L	L	350	5	4
2L	2L	1,4L	2L	350	5	5
2L	1,4L	1,2L	2L	350	5	6
1,6L	L	1,2L	1,6L	350	5	7

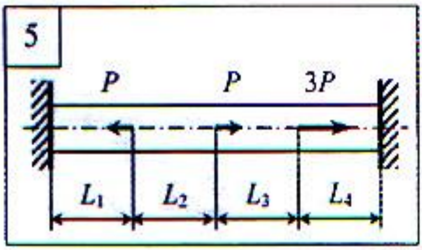
1,4L	1,4L	1,4L	1,4L	350	5	8
L	1,8L	0,6L	L	350	5	9
2L	L	L	1,8L	350	5	10
0,6L	1,6L	1,8L	0,6L	350	5	11
2L	0,6L	0,4L	2L	350	5	12
1,6L	1,6L	0,6L	2,4L	350	5	13
L	1,2L	1,2L	2L	350	5	14
0,6L	0,4L	1,6L	1,2L	350	5	15
0,8L	0,6L	1,4L	1,4L	350	5	16
L	0,8L	1,2L	0,6L	350	5	17
2L	0,8L	0,8L	2L	350	5	18
1,2L	2L	L	2L	350	5	19
L	L	1,8L	L	350	5	20
2L	1,2L	2,4L	2L	350	5	21
1,4L	1,4L	0,8L	1,4L	350	5	22
1,6L	0,4L	1,4L	1,6L	350	5	23
2,4L	1,6L	1,4L	2,4L	350	5	24
1,6L	1,2L	0,6L	1,6L	350	5	25
1,2L	1,2L	1,6L	1,2L	350	5	26
1,2L	1,2L	0,6L	1,2L	350	5	27
2L	2L	1,2L	2L	350	5	28
2,4L	1,2L	L	2,4L	350	5	29
1,8L	0,8L	1,6L	1,8L	350	5	30

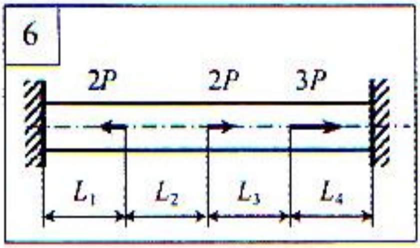

1
2P 2P 2P
L_1 L_2 L_3 L_4

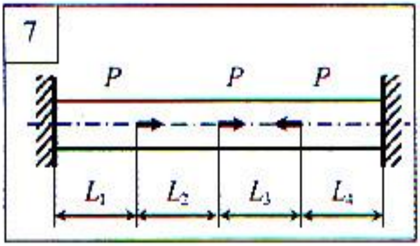

2
P P 2P
L_1 L_2 L_3 L_4

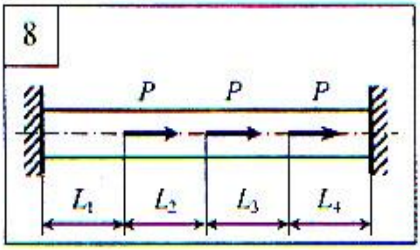

3
2P P 3P
L_1 L_2 L_3 L_4

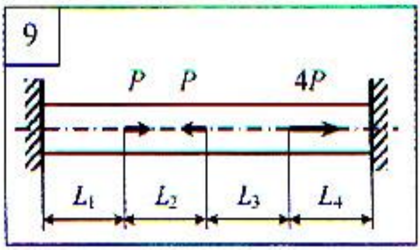

4
P P 2P
L_1 L_2 L_3 L_4

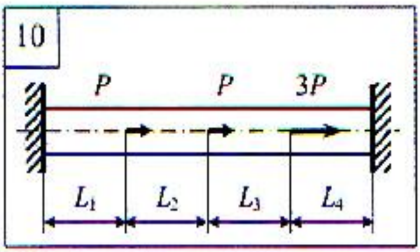

5
P P 3P
L_1 L_2 L_3 L_4

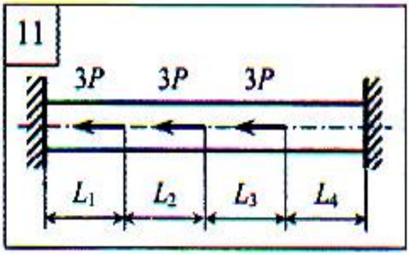

6
2P 2P 3P
L_1 L_2 L_3 L_4

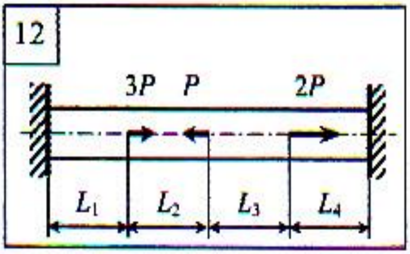

7
P P P
L_1 L_2 L_3 L_4

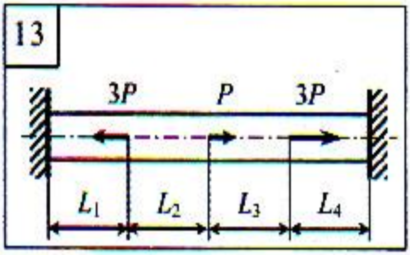

8
P P P
L_1 L_2 L_3 L_4

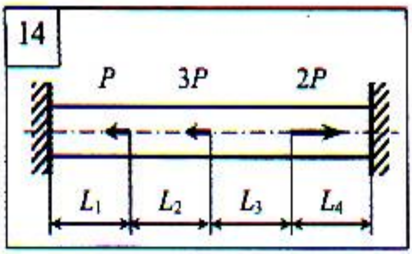

9
P P 4P
L_1 L_2 L_3 L_4

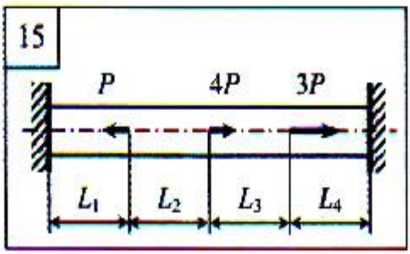

10
P P 3P
L_1 L_2 L_3 L_4

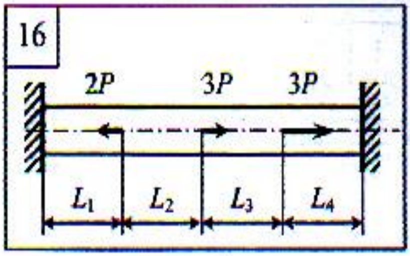

11
3P
3P
3P
L1
L2
L3
L4

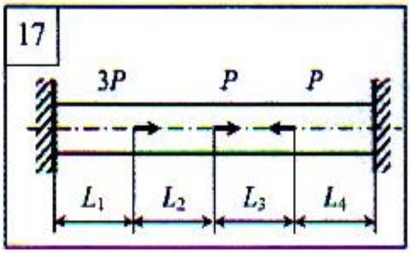

12
3P
P
2P
L1
L2
L3
L4

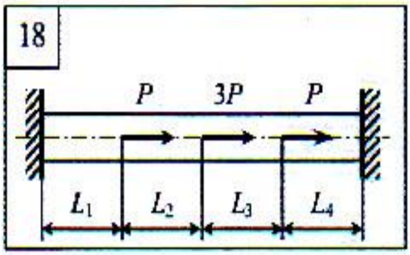

13
3P
P
3P
L1
L2
L3
L4

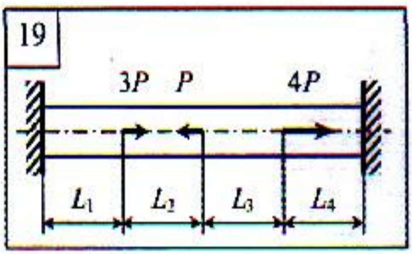

14
P
3P
2P
L1
L2
L3
L4

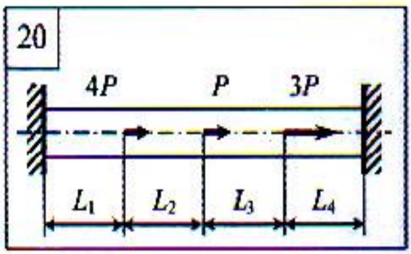

15
P
4P
3P
L1
L2
L3
L4

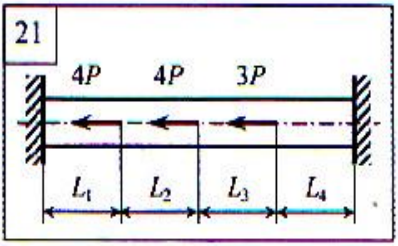

16
2P
3P
3P
L1
L2
L3
L4

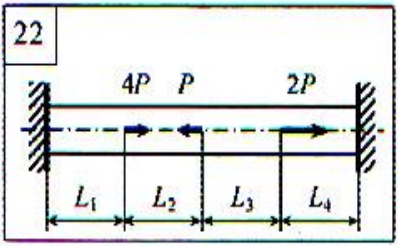

17
3P
P
P
L1
L2
L3
L4

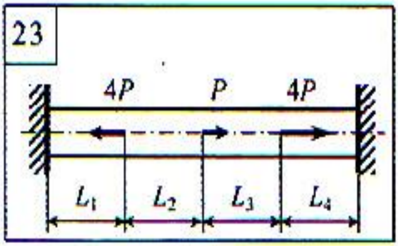

18
P
3P
P
L1
L2
L3
L4

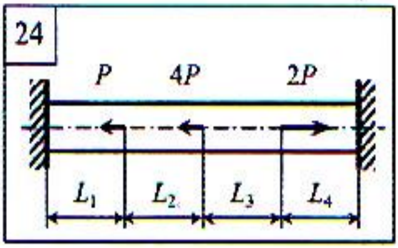

19
3P
P
4P
L1
L2
L3
L4

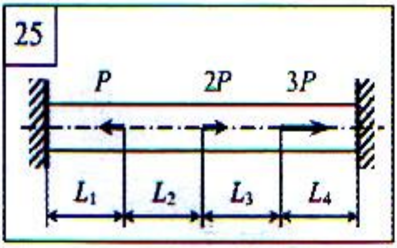

20
4P
P
3P
L1
L2
L3
L4

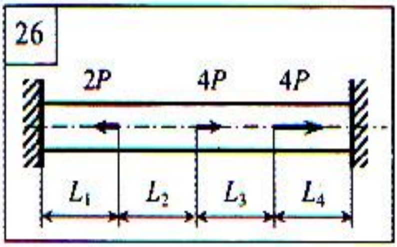

21
4P
4P
3P
L1
L2
L3
L4

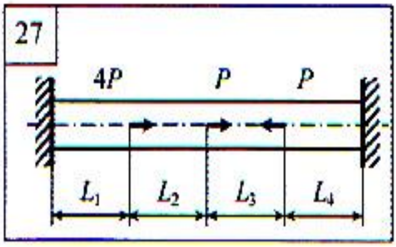

22
4P
P
2P
L1
L2
L3
L4

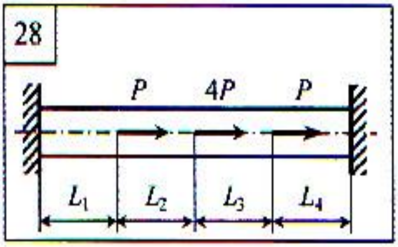

23
4P
P
4P
L1
L2
L3
L4

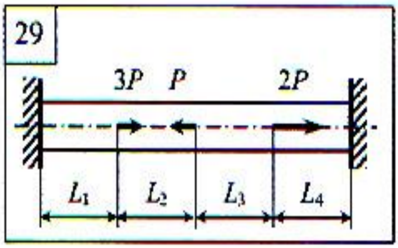

24
P
4P
2P
L1
L2
L3
L4

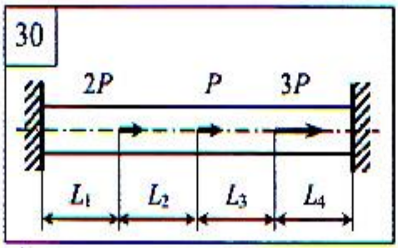

25
P
2P
3P
L1
L2
L3
L4


26
2P
4P
4P
L1
L2
L3
L4

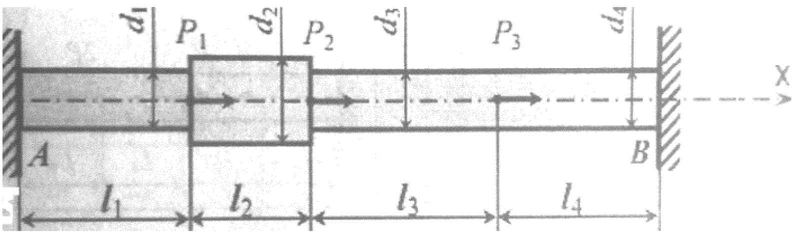

27
4P
P
P
L1
L2
L3
L4


28
P
4P
P
L1
L2
L3
L4


29
3P
P
2P
L1
L2
L3
L4


30
2P
P
3P
L1
L2
L3
L4

30.مثال: یوه میله چې بدلیدوونکی مقطع لري په دواړو سرونوکې سخته محکمه شویده د(109.3-شکل)، P_1 , P_2 او P_3 قوو په پواسطه بارشویده چې ددې میلې لپاره لاندې غوښتنې پوره کول غواړي[2].
1.دمحاسبوی شېما په یوه مقیاس رسمول او دهغی له پاسه دقووښودل.
2.دستاتیکی معادلو ترتیبول او دنامعلوم والي درجې پیداکول .
3.غوڅې له طریقې څخه په ګټه اخستودداخلی قوو پیداکول .
4.دشکل بدلون دمعادلې موندل .
5.دنامعلومې رابطی پیداکول دشکل بدلون اوستاتیکی معادلو څخه په یوه وخت کی .
6.د داخلي قوو محاسبه اودهغه داپیور رسمول .
7.دشمېرنې د دروستوالی ازمايښت .
8.دمحکم والي له شرط څخه دمیلې د قطرمحاسبه .
9.دعرضې مقطع دهرې برخې دمساحت پیداکول .
10.د نارملي تشنجاتو محاسبه او هغی داپیورونو رسمول .
11.دشکل بدلون محاسبه دمیلې دهرې برخی لپاره .
12.دآخیري نقطې دځای بدلون دمیلې دهرې برخې لپاره موندل اودهغې داپیور رسمول.



109.3-شکل

دشمېرنې لپاره لومړني ارقام :

$P_1 = 4KN$; $P_2 = 6KN$; $P_3 = 12KN$

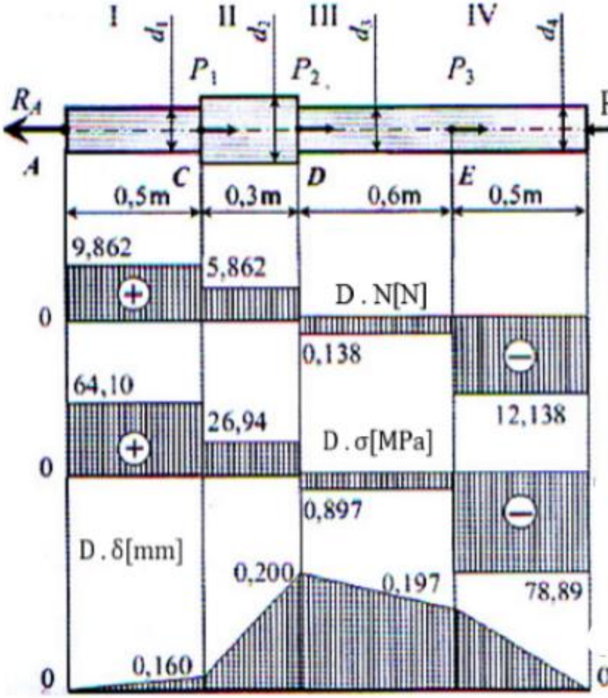
$a_1 = 1$; $a_2 = 1,2$; $a_3 = 1$; $a_4 = 1$

$L_1 = 0,5m$; $L_2 = 0,3m$; $L_3 = 0,6m$; $L_4 = 0,5m$

$\sigma_y = 260MPa$; $\sigma_u = 500MPa$; $E = 2 \,.\, 10^5 MPa$

$[\varepsilon] = 4 \,.\, 10^{-4}$; $n_y = 1,5$; $n_u = 2,5$

حل : ددې مشکل له حل څخه موخه دميلې لپاره دمحکم والي او شخۍ له شرايطو د ديراوي عرضي مقطع انتخاب چې ثابتې اتکأ ووي ولري ، او امتدادي قوې وزغمې ، ددې لپاره په لاندې ډول عمل کوو:.دميلې دمحاسبوي شېما په يوه مقياس رسمول ، داتکأ وو عوض کول په عکس العملونوباندې (110.3-شکل).



110.3-شکل:

111.3-شکل:

112.3-شکل:

113.3-شکل:

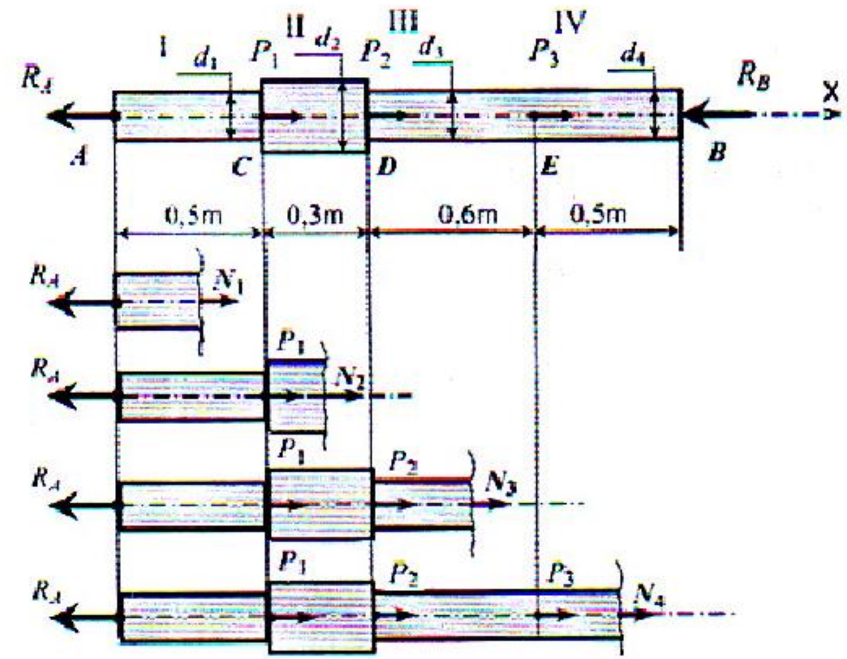
2. دنامعلوموالي ددرجې ټاکل او دستاتیکي معادلو ترتیبول:
ځرنګه چې قووپه امتداد د یوه محور باندې عمل کړی دی نو یوه ستاتیکي معادله موجوده ده .

$$\sum F_{(x)} = 0 => -R_A + P_1 + P_2 + P_3 - R_B = 0$$

دنامعلوم والي درجه یې :

$$n_s = n_x - n_m = 2 - 1 = 1$$

لیدل کېږي چې سیستم یوځلې نامعلوم ستاتیکي دي .
3.دداخلي قوو پیدأ کول :سرحدونه دهرې میلې نوموو اوغوڅې له طریقې یې داخلي قوې پیدأ کوو:



114.3–شکل:دبدلیدونکي مقطع لرونکې میله او غوڅې یې

پورتنی شکل ته يې معادلې ليکو:

$$I - I\ :\ -R_A + N_1 = 0 => N_1 = R_A$$
$$II - II\ :\ -R_A + P_1 + N_2 = 0 => N_2 = R_A - P_1$$
$$III - III\ :\ -R_A + P_1 + P_2 + N_3 = 0 => N_3 = R_A - P_1 - P_2$$
$$IV - IV\ :\ -R_A + P_1 + P_2 + P_3 + N_4 = 0 => N_4 = R_A - P_1 - P_2 - P_3$$

4.دميلې دشکل بدلون معادلې ترتيبول :

دشکل څخه معلومېږي چې په دواړو سرونو کې ثابتې اتکأ وې موجودې دې او لدې څخه مونږ پوهيږو چې پدې ډول اتکأ وو کې هر ډول دشکل بدلون (اوږديدنه او لنډيدنه)له صفره سره مساوي دې .نودشکل بدلون معادله يې په لاندې ډول ليکو :

$$\Delta L_1 + \Delta L_2 + \Delta L_3 + \Delta L_4 = 0$$

له بلې خوا دهوك له قانون څخه يې موندلای شو چې:

$$\Delta L_i = \frac{N_i\ .\ L_i}{E_i\ .\ A_i}$$

څرنګه چې :

$$\frac{N_1\ .\ L_1}{E\ .\ A_1} + \frac{N_2\ .\ L_2}{E\ .\ A_2} + \frac{N_3\ .\ L_3}{E\ .\ A_3} + \frac{N_4\ .\ L_4}{E\ .\ A_4} = 0\ ;\ A = A_3 = A_4 = A_1\ ;\ A_2 = 1{,}2A_1$$

نو قيمتونه دمساحتونو (A_i)او(N_i)له مخکينيو معادلو څخه را اخلو او په آخرينۍ معادله کې يې عوض کوو:

$$\frac{R_A\ .\ L_1}{E\ A_1\ .\ {a_1}^2} + \frac{(R_A - 4000).0{,}3}{E\ A_1\ .\ (1{,}2)^2} + \frac{(R_A - 4000 - 6000).0{,}6}{E\ A_1\ .\ (1)^2} + \frac{(R_A - 4000 - 6000 - 12000).0{,}5}{E\ A_1\ .\ (1)^2} = 0$$

5.له پورته معادلې څخه ($R_A = 9{,}862KN$)په لاس راځي .

$$-R_A + P_1 + P_2 + P_3 - R_B = 0 => -9{,}862 + 4 + 6 + 12 - R_B = 0 => R_B = 12{,}138KN$$

6. د امتدادي قوو محاسبه او دهغې داپيورونو رسمول(3.111- شکل)او(3.114- شکل) .

$N_1 = 9{,}862KN \quad ; \quad N_2 = 5{,}862KN \quad ; N_3 = -0{,}138KN \quad ; \quad N_4 = -12{,}138KN$

7.دمحاسبې درستوالي ازمايښت :ددې لپاره چې پوه شو چې زموږ محاسبه تردې سرحده پورې سمه ده اوکنه،نوکلي تغيرشکل دميلې بايد مساوي له صفرسره وي ددې موخې لپاره دشکل بدلون معادله ليکواوشمېرويې:

$$\delta = \frac{1}{EA_1}\left(\frac{9{,}862.0{,}5}{1^2} + \frac{5{,}862.0{,}3}{(1{,}2)^2} - \frac{0{,}138.0{,}6}{1^2} - \frac{12{,}138.0{,}5}{1^2}\right) = 0$$

څرنګه چې د(B) په نقطه کې ثابته اتکأ موجوده ده ، دهر ډول دشکل بدلون اودځاي بدلون څخه مخنيوي کوي ،نو دشمېرنې له مخې په ثبوت ورسيده چې هيڅ ډول بدلون د(B)او (A) په نقطو کې نشته

8.دميلې په هر ه برخه کې دتشنجاتو پيدأ کول:

دخطرناك ټکې دپيدأ کولولپاره لومړي ټول تشنجات بې له علامې يا قيمت مطلقه له مخې شمېرو :

$$\sigma_1 = \frac{|N_1|}{A_1 \,.\, {a_1}^2} = \frac{9{,}862}{A_1 \,.\, (1)^2} \quad ; \quad \sigma_2 = \frac{|N_2|}{A_1 \,.\, {a_2}^2} = \frac{5{,}862}{A_1 \,.\, (1{,}2)^2}$$

$$\sigma_3 = \frac{|N_3|}{A_1 \,.\, {a_3}^2} = \frac{0{,}138}{A_1 \,.\, (1)^2} \quad ; \quad \sigma_4 = \frac{|N_4|}{A_1 \,.\, {a_4}^2} = \frac{12{,}138}{A_1 \,.\, (1)^2}$$

دپورته محاسبې څخه ښکاره کېږي چې څلورمه برخه دميلې خطرناکه ده ځکه چې :

$$\sigma_4 > \sigma_1 > \sigma_2 > \sigma_3$$

9.دمحکم والي او شخې له شرايطو دميلې دهرې برخې لپاره قطرونه پيدأ کوو:

$$A_i = A_1 \,.\, {a_i}^2 \quad ; \quad A_4 = A_1.\, {a_4}^2 = \frac{\pi \,.\, {d_1}^2}{4} \,.\, {a_4}^2$$

لومړني مجازي تشنجات دمحکم والي له شرايطو پداسي حال کې پيدأ کوو چې داطمينانيت ضريب دحدسياليت اومحکم والي په پام کې نيسو لروچې:

$$[\sigma] = \frac{\sigma_y}{n_y} = \frac{260}{1{,}5} = 173{,}3MPa \quad ; \quad [\sigma] = \frac{\sigma_u}{n_u} = \frac{500}{2{,}5} = 200MPa$$

دمجازي تشنجاتو له دو و پیدأ شوو قیمتونو څخه کوچنۍ قیمت يې انتخابوو او محاسبه دهغې په مطابق برابروو، اوس قطر دمیلې دمحکم والي له شرایطو انتخابوو:

$$\sigma_{max} = \frac{N_{max}}{A_4} \leq [\sigma] \quad ; \quad A_4 = \frac{\pi \,.\, {d_1}^2}{4} \,.\, {a_4}^2 => \sigma_{max} = \frac{4 \,.\, [N_4]}{\pi \,.\, {d_1}^2 .\, {a_4}^2} \leq [\sigma]$$

$$=> d_1 \geq \sqrt{\frac{4 \,.\, [N_4]}{[\sigma] \,.\, \pi \,.\, {a_4}^2}} = \sqrt{\frac{4 \,.\, 12{,}138 \,.\, 10^3}{170 \,.\, 3{,}14 \,.\, (1)^2}} = 9{,}54mm \approx 10mm$$

دمیلې قطردشخۍ له شرایطودهوك دقانون په بنأپه لاندې ډول پیدأکولې شو:

$$\sigma = E.\varepsilon => \varepsilon = \frac{\sigma}{E} \leq [\varepsilon] => \varepsilon = \frac{|N_4|}{E.A_4} \leq [\varepsilon] => d_1 \geq \sqrt{\frac{4 \,.\, [N_4]}{\pi \,.\, E \,.\, [\varepsilon]\ {a_4}^2}} = \sqrt{\frac{4 \,.\, 12{,}138}{3{,}14 \,.\, 2 \,.\, 10^5 \,.\, 4 \,.\, 10^{-4} \,.\, 1^2}} = 13{,}9mm$$

دشخۍ او محکم والي له محاسبې قطر دمیلې ($d = 14mm$) انتخابوو:

10.دمیلې دعرضي مقطع دهرې برخې مساحت پیدأ کول :

$$A_1 = \frac{\pi {d_1}^2}{4} \,.\, {a_1}^2 = \frac{3{,}14 \,.\, 14^2 \,.\, 1^2}{4} => A_1 = 153{,}86mm^2 \ ; \ A_2 = A_1 .\, {a_2}^2 => 153{,}56 \,.\, (1{,}2)^2 = 221{,}86mm^2$$

$$A_3 = A_1 .\, {a_3}^2 = 153{,}86 \,.\, 1^2 = 153{,}86mm^2 \quad ; \quad A_4 = A_1 .\, {a_4}^2 = 153{,}86mm^2$$

11.دحقیقي تشنجاتو پیدأ کول :

$$\sigma_1 = \frac{N_1}{A_1} = \frac{9{,}862 \,.\, 10^3}{153{,}86} = 64{,}1\, {}^{N}/_{mm^2} = 64{,}1MPa$$

$$\sigma_2 = \frac{N_2}{A_2} = \frac{5{,}862 \,.\, 10^3}{221{,}56} = 26{,}96\, {}^{N}/_{mm^2} = 26{,}96MPa$$

$$\sigma_3 = \frac{N_3}{A_3} = \frac{-0{,}138 \,.\, 10^3}{153{,}86} = -0{,}897\, {}^{N}/_{mm^2} = -0{,}897MPa$$

$$\sigma_4 = \frac{N_4}{A_4} = \frac{-12{,}138}{153{,}56} = -78{,}89\, {}^{N}/_{mm^2} = -78{,}89MPa$$

دحقیقي تشنجاتو داپیورنوترسیم په (112.3–شکل)کې لیدلای شي.

12.دمیلې دهرې برخې داوږدیدنې دشکل بدلون پیدأ کول ، کولای شو چې دهوك دقانون په بنأ یې پیدأ کړو :

$$\Delta L_1 = \frac{N_1 \, . \, L_1}{E \, . \, A_1} = \frac{9{,}862 \, . \, 10^3 . 0{,}5}{2 \, . \, 10^{\,5} \, . \, 153{,}86} = 0{,}16\text{mm}$$

$$\Delta L_2 = \frac{N_2 \, . \, L_2}{E \, . \, A_2} = \frac{5{,}862 \, . \, 10^3 . 0{,}3}{2 \, . \, 10^{\,5} \, . \, 221{,}56} = 0{,}06\text{mm}$$

$$\Delta L_3 = \frac{N_3 \, . \, L_3}{E \, . \, A_3} = \frac{-0{,}138 \, . \, 10^3 . 0{,}6}{2 \, . \, 10^{\,5} \, . \, 153{,}86} = -0{,}003\text{mm}$$

$$\Delta L_4 = \frac{N_4 \, . \, L_4}{E \, . \, A_4} = \frac{-12{,}138 \, . \, 10^3 . 0{,}5}{2 \, . \, 10^{\,5} \, . \, 153{,}86} = -0{,}197\text{mm}$$

13. د(A,B,C,D,E)مقطعو دبې ځایه کیدنې پیدأ کول:

پوهیږوچې د(A)او (B) په ټکو کې تغیرمکان صفر دې اوباید وي ، او دنورو نقطولپاره یې په لاندې ډول پیدأ کوو:

$$\delta_A = 0$$
$$\delta_C = \delta_A + \Delta L_1 = 0 + 0{,}16 = 0{,}16\text{mm}$$
$$\delta_D = \delta_C + \Delta L_2 = 0{,}16 + 0{,}04 = 0{,}2\text{mm}$$
$$\delta_E = \delta_D + \Delta L_3 = 0{,}2 + (-0{,}003) = 0{,}197\text{mm}$$
$$\delta_B = \delta_E + \Delta L_4 = 0{,}197 - 0{,}197 = 0$$

دپورته قیمتونو په نظر کې نیولوسره دتغیر مکان اپیور یې رسموو(113.3–شکل) .

پایله :

1.له هغه ځایه چې تغیر مکان په اتکأ وو کې مساوي له صفر سره دې نو دې پایلې ته رسیږو چې دپوښتنې حل دروست او قبول دې .

2.دمیلو پیدأ شوي قطرونه دهمدې بارو لپاره چې په میله وارد شوي په ښه شان زغمي،دشخۍ او محکم والي شرایط یې تامین دې .

پنځم نمبر (۵)کورني دنده

1.محاسبوي شېما دټولو سوالونولپاره يوډول ده (115.3–شکل) مطابق.

2.دقوو مقدار ،دقطرونو تناسب،او دهرې برخې طول اودموادو ډول دجدولونو څخه واخلئ.

3.دعرضي مقطعو دميلې دقطرونوتناسب دلاندې رابطې څخه پيدأ کېږي:

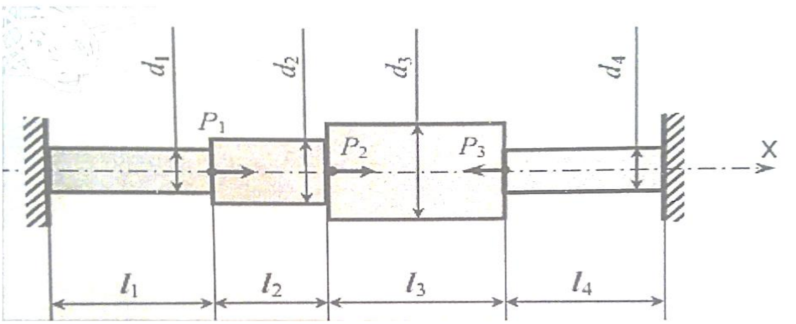
$$a_i = \frac{d_i}{d_1}$$

پدې ځای کې (i=1,2,3,4)سره مساوي دې .

4.دلاندې هرې يوې مقطعې مساحت پيدأ کړئ: ($A = A_1 . a_i^2$)

5.داطمينانيت ضريب دسيالت حدلپاره (دپلاستکي موادولپاره دتسلمۍ حد)$= n_y$ 1,5.

6. داطمينانيت ضريب دمحکم والي حددماتيدونکو موادولپاره$n_u = 2,5$.



115.3–شکل

دذکرشووپوښتنو لپاره غوښتل شوي اجزأ:

1.دمحاسبوی شېما په يوه مقياس رسمول او دهغی له پاسه دقووښودل.

2.دستاتيکی معادلو ترتيبولو او دنامعلموالي درجې پيداکول .

3.غوڅې له طریقې څخه په ګټه اخستودداخلی قوو پیداکول .

4.دشکل بدلون دمعادلې موندل .

5.دنامعلومې رابطی پیداکول دشکل بدلون اوستاتیکی معادلو څخه په یوه وخت کی

6.د داخلي قوو محاسبه اودهغه داپیور رسمول .

7.دشمېرني د دروستوالی ازمایښت .

8.دمحکم والي له شرط څخه دمیلې د قطرمحاسبه .

9.دعرضې مقطع دهرې برخې دمساحت پیداکول .

10.د نارملي تشنجاتو محاسبه او هغی داپیورونو رسمول .

11.دشکل بدلون محاسبه دمیلې دهرې برخی لپاره .

12.دآخیري نقطې دځای بدلون دمیلې دهرې برخې لپاره موندل اودهغې داپیور رسمول[2].

دمتغیرو مقطعو لرونکو نامعین ستاتیکې سیستمونو دمحاسبې لپاره ضروي ارقام

a_3	a_2	a_1	P_3	P_2	P_1	دواریانت ګڼه
KN						
1,7	1,3	0,5	5	6	10	1
1,2	0,9	0,4	5	7	8	2
1,2	1,0	1,0	−8	11	5	3
2,0	1,5	0,5	5	−5	10	4
1,0	1,5	1,5	7	3	3	5
1,0	1,0	1,2	12	4	6	6
1,0	0,8	1,3	−5	7	10	7
1,5	0,6	0,6	6	6	8	8
0,7	0,8	0,5	5	−5	−10	9

1,0	1,0	0,6	5	10	8	10
1,0	1,2	1,5	11	−3	6	11
1,0	0,5	0,5	−10	−1	5	12
1,3	1,5	1,0	−2	−8	12	13
1,5	0,5	1,2	2	6	2	14
0,7	0,5	1,5	−10	3	3	15
1,5	1,0	1,0	11	−2	−7	16
0,5	1,5	0,2	−5	−12	5	17
1,5	0,4	0,8	12	−2	−5	18
2,0	1,5	0,5	−5	5	10	19
0,5	0,8	2,0	−10	0	3	20
0,5	1,5	1,5	−8	−12	5	21
1,2	0,5	0,8	−12	−3	4	22
0,8	1,5	1,0	−10	0	3	23
1,2	0,5	0,5	−12	3	−4	24
1,0	1,0	1,2	−11	12	−9	25
1,3	0,7	0,5	−5	−5	−10	26
0,7	0,9	0,5	−5	5	−10	27
0,5	0,5	1,0	12	0	5	28
0,5	0,8	1,5	−15	0	3	29
0,6	0,5	0,5	−5	−5	10	30

دمتغیر مقطعو لرونکو نامعین ستاتیکي سیستمونو دمحاسبې لپاره ضروري ارقام

[ع]	دمیلې مواد	L_4	L_3	L_2	L_1	دواریانټ ګڼه
		m				
$4 . 10^{-4}$	A5برنج	0,5	0,3	0,5	0,7	1
$3 . 10^{-4}$	St .3فولاد	0,5	0,5	0,4	0,5	2
$2 . 10^{-4}$	لاتون	0,5	0,4	0,8	0,6	3
$4 . 10^{-4}$	St.5فولاد	0,5	0,6	0,3	0,5	4

5	0,2	0,3	0,3	0,4	برنج A5	3.10^{-4}
6	0,7	0,2	0,3	0,5	فولاد St.20	2.10^{-4}
7	0,5	0,5	0,2	0,4	لاتون L68	1.10^{-4}
8	0,4	0,6	0,2	0,3	الیاژالمونیم AL13	3.10^{-4}
9	0,6	0,3	0,6	0,3	الیاژالمونیم AL13	2.10^{-4}
10	0,4	0,8	0,6	0,2	فولاد St.4	4.10^{-4}
11	0,8	0,4	0,6	0,6	فولاد St.40X	3.10^{-4}
12	0,2	0,4	0,6	0,7	فولاد St.30	3.10^{-4}
13	0,7	0,2	0,3	0,5	برنج A5	4.10^{-4}
14	0,5	0,5	0,3	0,4	الیاژالمونیم AL13	2.10^{-4}
15	0,4	0,6	0,2	0,3	لاتون L68	1.10^{-4}
16	0,6	0,3	0,6	0,3	فولاد St.3	3.10^{-4}
17	0,4	0,8	0,6	0,2	الیاژالمونیم AL13	2.10^{-4}
18	0,8	0,4	0,6	0,6	فولاد St.5	4.10^{-4}
19	0,2	0,4	0,6	0,7	فولاد St.30	3.10^{-4}
20	0,6	0,8	0,4	0,5	الیاژالمونیم AL13	2.10^{-4}
21	0,5	0,3	0,6	0,5	برنج A5	4.10^{-4}
22	0,2	0,3	0,3	0,4	فولاد St.20	2.10^{-4}
23	0,7	0,2	0,3	0,5	لاتون L68	2.10^{-4}
24	0,5	0,5	0,2	0,4	فولاد St.5	4.10^{-4}
25	0,4	0,6	0,2	0,3	برنج A5	3.10^{-4}
26	0,6	0,3	0,6	0,3	فولاد St.20	2.10^{-4}
27	0,4	0,8	0,6	0,2	لاتون L68	4.10^{-4}
28	0,8	0,4	0,6	0,6	الیاژالمونیم AL13	2.10^{-4}
29	0,2	0,4	0,6	0,7	فولاد St.5	4.10^{-4}
30	0,5	0,3	0,6	0,5	فولاد 303	3.10^{-4}

31.مثال: یو میله یې ساختمان چې له یوه ګاډر(AB)دوومیلو BC(I)او BD(II)چې دمنتاژ لپاره د(BD)میله له لومړنۍ اندازې څخه د (Δ) په اندازه کوچنۍ جوړه شویده

، تشکیل شویدې .دحرارت درجې تفاوت ،مرکزي قوواو وېشلي قوو له اغېزې (116.3–شکل) مطابق تشنجات پکې پیدأ شوي دی ،په هغه صورت کې چې :

$\sigma_y = 240MPa$; $\sigma_u = 500MPa$; $[\sigma] = 160MPa$

$A_1 = A$; $A_2 = 2A$

$E = E_1 = E_2 = 2 \cdot 10^5 MPa$

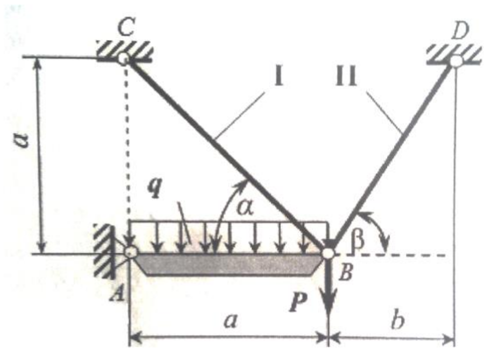
$[n_y] = 2,5$; $[n_u] = 1,5$

$q = 10\, ^N/_{mm}$; $P = q \cdot a$

$t' = 20C^\circ$; $\Delta t = 30℃$

او د اولې (I)میلې دتودوخې انبساطي ضریب ($\alpha = 1,25 \cdot 10^{-6}\ grad^{-1}$)وي .

دراپیدأ شوو تشنجاتو مقدار دمونتاژ له اغېزې ، دحرارت درجې تفاوت له اغېزې او دخارجې قوو له اغېزې یې پیدأ کړي[2].

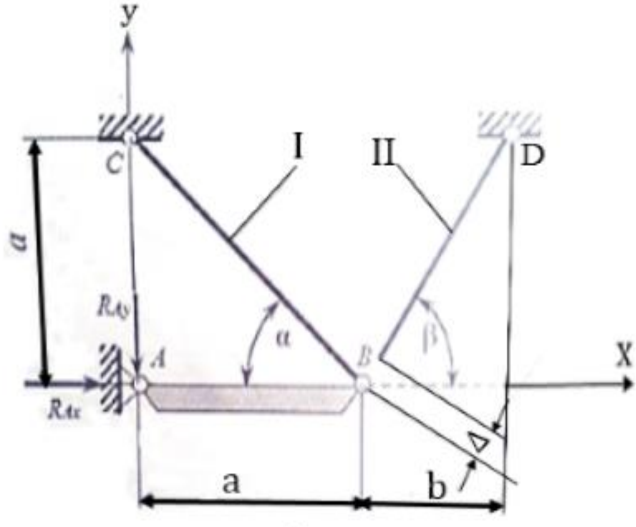


116.3–شکل

حل:ددې ډول مسایلو لپاره دتشنجاتو مقدار دهر عامل (فکتور)له اغېزې لکه مونتاژ ، دحرارت د درجې توپیر اوخارجي قوو ،په جدأ ډول پیدأ کوو.

1.دمونتاژ له اغېزې دتشنجاتو پیدأ کول:

دپوښتنې په لومړنې برخه کې مو وویل چې (II)میله د(Δ= 0,5mm)لنډه جوړه شویده د(117.3–شکل) مطابق د(B)له مفصل سره چې وتړل شي ،باید کش شي چې همدا کشش په میله کې د تشنجاتو دمنځته راتګ سبب کېږی ، چې دې ډول تشنجاتو ته مونتاژي تشنجات وایې.



شکل–117.3

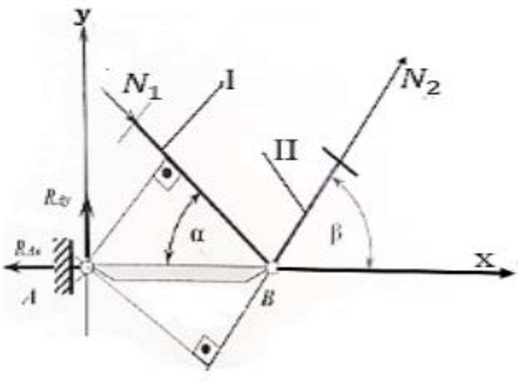
ددرکړل شویو اندازو له مخې د(α)او(β)زاویې په لاندې ډول پیدأ کوو:

$$\tan\alpha = \frac{a}{a} = 1 => \alpha = 45^{\circ} \quad ; \quad \tan\beta = \frac{a}{b} = 1{,}25 => \beta = 51^{\circ}$$

$$L_1 = 707{,}2mm \quad ; \quad L_2 = 643{,}4mm$$

هغه وخت چې (II) میله د(B)تر مفصل پورې کش شي په میله کې(N_2) کششي قوه منځته راځي،او (I)میله سره ننوځي یا تراکم پیدأ کوي او د(N_1)فشاري امتدادي قوي تر اغېزې لاندې راځي.(118.3– شکل).

ددې شکل څخه دتعادل ستاتیکې معادلې لیکو:



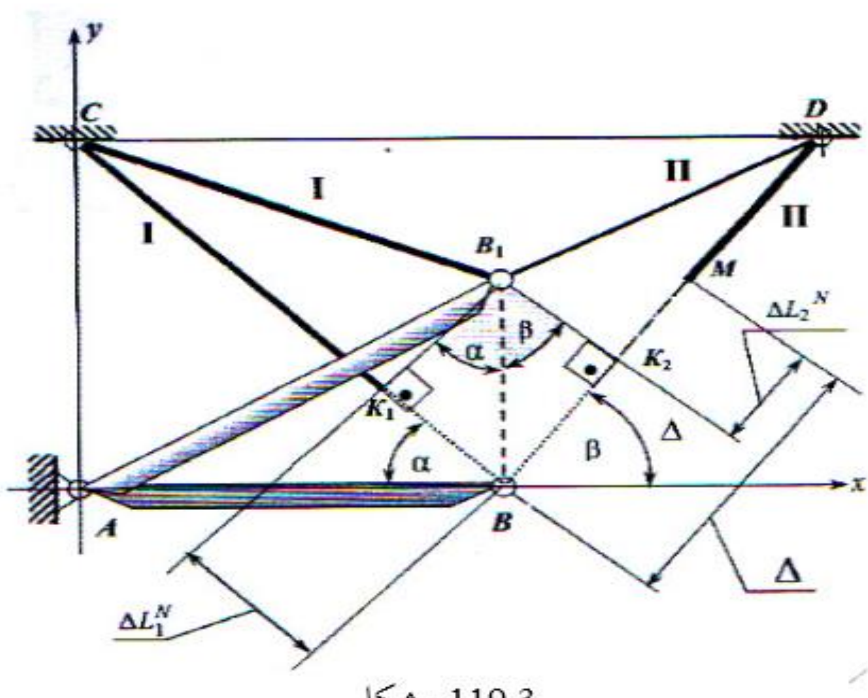
شکل–118.3

$$\sum Fx = 0 => -R_{Ax} + N_1 . \cos\alpha + N_2 \ . \cos\beta = 0$$

$$\sum Fy = 0 => R_{Ay} - N_1 . \sin \propto + N_2 \ . \sin\beta = 0$$

$$\sum M_A = 0 => -N_1 . \sin \propto \ . \ a + N_2 \ . \sin\beta \ . \ a = 0$$

دتعادل له ستاتيکې معادلو څخه ليدل کېږي چې دنامعلومو رابطو شمېره څلور او دمعادلوشمېره دري ده، نو ساختمان يوځل نامعلوم ستاتيکې دې ،ددې مشکل دحل لپاره دساختمان دشکل بدلون شېما رسموو(119.3– شکل).



119.3– شکل

بايد وويل شي چې دشکل بدلونونه ډېر کوچني دي ، خو ددې لپاره چې په درست ډول يې تصور کړو په لوي مقياس يې رسموو،دشکل بدلون له اغېزې (IIميلې کشش او د Iميلې ټوليدنه) د(B)نقطه د(B_1)موقيعيت اخيتاروي او د(AB) پر ګاډر باندې عمود

دي ، د(B_1) له نقطې څخه د (I) او (II) میلو په امتدادي خطونو باندي عمودي کرښې رسموو ، چې دمیلو دشکل بدلون مقدارونه لاسته راځي ، او کولای شو چې ولیکو:

$$BK_1 = \Delta L_1{}^N = BB_1 \,.\sin\alpha$$

$$BK_2 = \Delta - \Delta L_2{}^N = BB_1 \,.\sin\beta$$

له بلې خوا دپورته معادلو څخه کولي شوچې ولیکو :

$$BB_1 = \frac{\Delta L_1{}^N}{\sin\alpha} \qquad ; \qquad BB_1 = \frac{\Delta - \Delta L_2{}^N}{\sin\beta}$$

څرنګه چې دپورته رابطو کیڼې خواوي سره مساوي دي نو لروچې :

$$BB_1 = BB_1 => \frac{\Delta L_1{}^N}{\sin\alpha} = \frac{\Delta - \Delta L_2{}^N}{\sin\beta}$$

دهوك دقانون په بنأ دشکل بدلون قیمتونه له لاندې رابطو څخه په لاس راوړو :

$$\Delta L_i{}^N = \frac{N_I \,.\, L_i}{E_I \,.\, A_I} \quad ; \quad \frac{N_1 \,.\, L_1}{E \,.\, A_1 \,.\, \sin\alpha} = \frac{\Delta}{\sin\beta} - \frac{N_2 \,.\, L_2}{E \,.\, A_2 \,.\, \sin\beta}$$

له وضع کول د($A_2 = 2A \;;\; A_1 = A$)او دمعادلودریاضیکې خوا تر تیبولو څخه وروسته لرو چې :

$$2N_1 \,.L_1 \,.\sin\beta = 2\Delta \,.EA \,.\sin\alpha - N_2 \,.\, L_2 \,.\sin\alpha$$

دستاتیکې معادلې دمومنټ څخه کولي شو چې ولیکو :

$$N_1 = \frac{N_2 \,.\, \sin\beta \,.\, a}{a \,.\, \sin\alpha}$$

د(N_1) قیمت دتغیر شکل په معادله کې وضع کوو ، لرو چې :

$$\frac{2N_2 \,.\, \sin^2\beta \,.\, L_1}{\sin\alpha} + N_2 \,.\, L_2 \,.\sin\alpha = 2\Delta \,.E\,A \,.\sin\alpha$$

$$N_2(2 \,.\, \sin^2\beta \,.\, L_1 + L_2 \,.\sin^2\alpha) = 2\Delta \,.E\,A \,.\sin^2\alpha$$

$$N_2 = \frac{2\Delta \,.E\,A \,.\sin^2\alpha}{2\sin^2\beta \,.\, L_1 + L_2 \,.\sin^2\alpha}$$

دقیمت له وضع کولو څخه وروسته لرو چې :

$$N_2 = \frac{2 \,.0{,}5 \,.2 \,.10^5 \,.\, A \,.\, (0{,}707)^2}{(2 \,.\, 0{,}777^2 \,.707{,}2 + 643{,}4 \,.\, 0{,}707^2)} = 85 \,.\, A\,[N]$$

$$N_1 = \frac{85\ .\ A\ .\ 0,7771}{0,707} = 93,4A\ [N]$$

مونتاژي نارملي تشنجات په لاندې ډول محاسبه کوو:

$$\sigma_1{}^{\Delta} = \frac{N_1{}^{\Delta}}{A_1} = \frac{93.3\ A}{A} = 93,4\ {}^{N}/_{mm^2} = 93,4Mpa$$

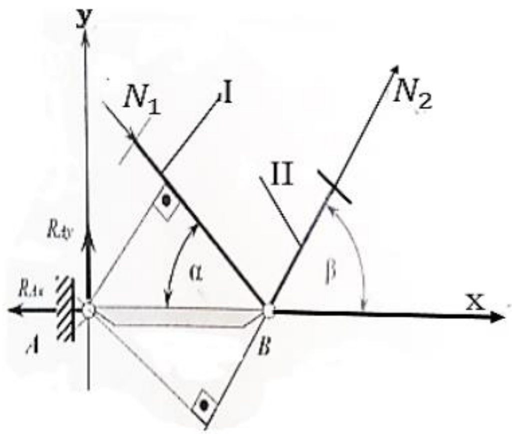
$$\sigma_2{}^{\Delta} = \frac{N_2{}^{\Delta}}{A_2} = \frac{85\ A}{2A} = 42,5\ {}^{N}/_{mm^2} = 42,5Mpa$$

اوس د(BB_1) د ځاي بدلون پیدا کوو:

$$BB_1 => \frac{\Delta L_1{}^{N}}{\sin\alpha} = \frac{N_1{}^{\Delta}\ .\ L_1}{E\ .A_1\ \sin\alpha} = \frac{93,3\ .A_1\ .L_1}{E\ .A_1\ \sin\alpha} = \frac{93,4\ .707\ .\ 2}{2.10^5\ \ .0,707}$$
$$= 0,47mm$$

2.دتودوخې دتفاوت له اغېزې دتشنجاتوپیدا کول:

پدې حالت کې دقوو مستقل پرنسیپ په بنأ داسې تصور کېږي چې ساختمان یوازې او یوازې دتودوخې درجې له اغېزې دشکل بدلون موندلي او متشنج شویدې(120.3–شکل).



120.3–شکل

پوهيږو چې دګرم والي له سببه د(BC)ميله اوږديږي ، خو د(BD)ميله يې مانع کيږي چې په پايله کې د(BC)په ميله کې داخلي فشاري قوه د(N_1)اود(BD)په ميله کې داخلي کششي قوه د(N_2) پيدأ کيږي.

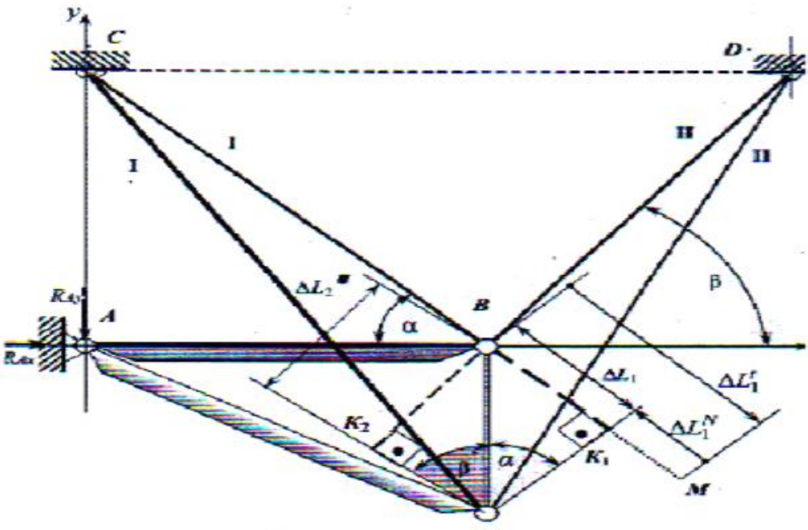
دپورته شکل په پام کې نيولو سره دتعادل ستاتيکې معادلې يې ليکو:

$$\sum Fx = 0 => -R_{Ax} + N_1 . \cos\alpha + N_2 . \cos\beta = 0$$

$$\sum Fy = 0 => R_{Ay} - N_1 . \sin\alpha + N_2 . \sin\beta = 0$$

$$\sum M_A = 0 => -N_1 . \sin\alpha . \ a + N_2 . \sin\beta \ . \ a = 0$$

له پورته معادلو څخه ښکاره کيږي چې سيستم يوځلې نامعلوم ستاتيکې دې نو دمجهول دپيدأ کولو لپاره دشکل بدلون معادله دتودوخې له اغيزې پکاروو، دډير ښه والي لپاره دشکل بدلون ښيما دحرارت له اغيزې رسموو(3.121– شکل).



121.3– شکل

په پورته شکل کې ليدل کېږي چې دقوو په حيث دحرارت ددرجې تفاوت د (B) نقطه د(B_1) موقيعت اختياروي،دا دشکل بدولون ډير کوچنې دې مګر په همدې حالت کې ميلې هم داوږديدنې دشکل بدلون کوي،د(B_1)نقطې څخه عمود خطونه دميلې دخطونوپه ادامه چې مخکې له تغير شکل څخه رسم شويدې،رسمووچې دمطلق دشکل بدلون کميتونه (ΔL_1)او(ΔL_2) په لاس را کوي:

$$BK_1 = \Delta L_1 \qquad ; \qquad \Delta L_2 = BK_2$$

پوهيږوچې د ($II\ o^{\circ}$) ميلې ميل که موجود نه وي،نو دګرم والي په صورت کې (I)ميله د($\Delta L_1{}^t$)په اندازه کش کېږي،ولی (II)ميله دهغې مخنيوي کوي .پس حقيقي اوږديدنه د(I)ميلې (ΔL_1)د(MK_1)خط په اندازه کوچنې دې.دغه اندازه کولي شو دفشاري قوو په صفت ددوهمي ميلې له خوا قبول کړو.نو :

$$\Delta L_1{}^t = \Delta L_1 + \Delta L_1{}^N$$

د(BK_2)دخط اندازي کميت د(II)ميلې حقيقي دشکل بدلون (ΔL_2) دې ، د(B_1, BK_1)له مثلث څخه کولي شو چې وليکو:

$$BK_1 = \Delta L_1 = \Delta L_1{}^t - \Delta L_1{}^N = BB_1\ .\ \sin\alpha => BB_1 = \frac{\Delta L_1{}^t - \Delta L_1{}^N}{\sin\alpha}$$

او د(B_1, BK_2)مثلث څخه ليکلاي شو چې :

$$BK_2 = \Delta L_2{}^N = BB_1\ .\ \sin\beta => BB_1 = \frac{\Delta L_2{}^N}{\sin\beta}$$

له مساوي والي دپورته دوو رابطوڅخه ليکلاي شو چې :

$$\frac{\Delta L_1{}^t - \Delta L_1{}^N}{\sin\alpha} = \frac{\Delta L_2{}^N}{\sin\beta}$$

نظر دهوك قانون ته دشکل بدلون او داخلي قوې دحرارت ددرجې دتفاوت له اغېزې په لاس راوړلي شو:

$$\Delta L_i{}^t = \propto (t^o) L_i\ .\ \Delta t^o \quad \text{او} \quad \Delta L_i = \frac{N_i\ .\ L_i}{E_i\ .\ A_i}$$

$$\frac{\propto (t^o)L_i \,.\Delta t^o}{\sin\alpha} - \frac{N_1 \,.\, L_1}{E\,.\,A_1\,\sin\alpha} = \frac{N_2\,.\,L_2}{E\,.\,A_2\,\sin\beta} =$$

$$> \frac{N_1\,.\,L_1}{E\,.\,A_1\,\sin\alpha} + \frac{N_2\,.\,L_2}{E\,.\,A_2\,\sin\beta} =$$

$$\frac{\propto (t^o)L_I \,.\Delta t^o}{\sin\alpha}$$

دحرارت ددرجې دتفاوت له اغېزې له ستاتيکې معادلو څخه د(N_1) قيمت پيدأ کوو او دتغيرشکل په معادله کې يې وضع کوو:

$$-N_1\,.\sin\alpha\,.\,a + N_2\,.\sin\beta\,.\,a = 0 => N_1 = \frac{N_2\,.\sin\beta}{\sin\alpha}$$

$$\frac{N_2\,.\sin\beta\,.L_1}{E\,.\,A_1\,\sin^2\alpha} + \frac{N_2\,.\,L_2}{E\,.\,A_2\,\sin\beta} = \frac{\propto (t^o)L_I \,.\Delta t^o}{\sin\alpha} =>$$

$$N_2 = \frac{\propto (t^o)L_I\,.\Delta t^o\,.\,E\,.\,A_2\,.\sin\alpha\,.\,\sin\beta}{2L_1\sin^2\beta + L_2\,.\sin^2\alpha}$$

که پيدأ شوي قيمتونه پکې وضع کړو،نوپيدأ به کړو چې:

$$N_2 = \frac{1{,}25\,.\,10^{-6}.\,707{,}2\,.\,30^\circ\,.\,2\,.\,10^5\,.\,A_2\,.0{,}707\,.\,0.777}{2\,.\,707{,}2\,.\,0{,}7771^2 + 643{,}4\,.\,0{,}707^2} = 24{,}78A_2$$

$$N_1 = \frac{24{,}78A_2\,.0{,}7771}{0{,}707} = 27{,}78A_2 = 54{,}46\,A_1$$

دتودوخې ددرجې دتفاوت له اغېزې دتشنجاتو مقدار مساوي دې په:

$$\sigma_I{}^t = \frac{N_1}{A_1} = \frac{54{,}46\,A_1}{A_1} = 54{,}46\,{}^N/_{mm^2}\,\{Mpa\}$$

$$\sigma_{II}{}^t = \frac{N_2}{A_2} = \frac{24{,}78A_2}{A_2} = 24{,}78\,{}^N/_{mm^2}\,[Mpa]$$

د(B)دټکې تغيرمکان په لاندې ډول پيدأ کولې شو:

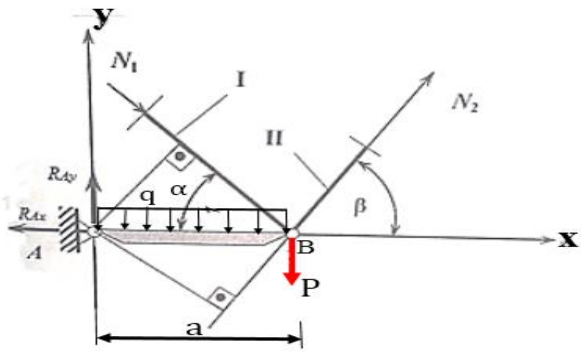
$$BB_1 = \frac{\Delta L_2}{\sin\beta} = \frac{N_2{}^t\,.\,L_2}{E\,A_2\,.\sin\beta} = \frac{24{,}78\,.\,A_2.\,643{,}4}{2\,.\,10^5.\,A_2\,.0{,}7771} = 0{,}41mm$$

3.دمرکزي او وېشلي قوو له اغېزې دنارملي (عمودي)تشنجاتوپیدأ کول

دخارجي قوو له اغېزې دتشنجاتو دمقدار پیدأ کولولپاره محاسبوي شېما دسیستم ترسیموو او له هغې

څخه محاسبه سرته

رسوو :



شکل-122.3

ستاتیکي معادلې یې لیکو:

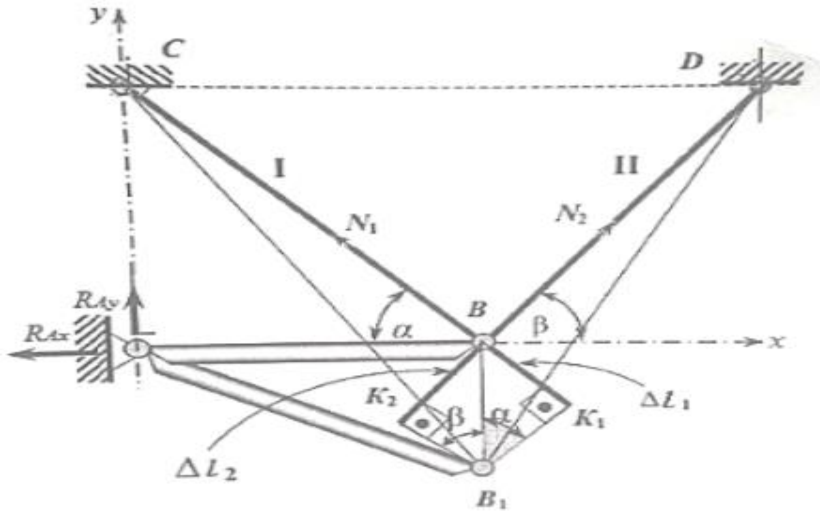
$$\sum Fx = 0 => -R_{Ax} + N_1 . \cos\alpha + N_2 . \cos\beta = 0$$

$$\sum Fy = 0 => R_{Ay} - N_1 . \sin\alpha + N_2 . \sin\beta - q . a - P = 0$$

$$\sum M_A = 0 => N_1 . \sin\alpha . \ a + N_2 . \sin\beta \ . \ a - q . \frac{a^2}{2} - P . \alpha = 0$$

له پورته معادلو څخه ښکاري چې سیستم یوځلې ناټاکلي ستاتیکې دې ، نو دشکل بدلون معادله ورته ترتیبوو ،چې مجهول قیمت پیدأ کړو:

ددې معادلې دترتیب لپاره دسیستم دتغیرشکل شېما رسموو:



123. 3–شکل

لیدل کېږي،چې دخارجې قوو له اغېزې د(B)تکې (B_1)تکې ته لېږدیدلې دی د میلو په امتدادې خطونو باندې د عمودنورسموول دمیلو دبې ځایه والي اندازې په لاس راځي.

د(BB_1K_1)له مثلث څخه لرو چې:

$$BB_1 = \frac{\Delta L_1}{\sin\alpha}$$

او د(BB_1K_2)له مثلث څخه هم ($BB_1 = \frac{\Delta L_2}{\sin\beta}$) له مساویتوب ددواړو رابطوڅخه لروچې:

$$\frac{\Delta L_1}{\sin\alpha} = \frac{\Delta L_2}{\sin\beta}$$

نظر دهوك قانون ته لرو چې :

$$\frac{N_1\,.\,L_1}{E\,.\,A_1\,\sin\alpha} = \frac{N_2\,.\,L_2}{E\,.\,A_2\,\sin\beta} => L_1 = \frac{a}{\sin\alpha}\ ; \quad L_2 = \frac{a}{\sin\beta}$$

$$\frac{N_1 \,.\, a}{E \,.\, A_1 \ \sin^2\alpha} = \frac{N_2 \,.\, a}{E \,.\, A_2 \ \sin^2\beta} => N_1 = N_2 . \frac{A_1 \ \sin^2\alpha}{A_2 \ \sin^2\beta} = 0$$

له ستاتيکې معادلې څخه لرو چې:

$$N_1 \,.\sin\alpha + N_2 \,.\sin\beta - 3q \,.\frac{a}{2} = 0$$

$$N_1 = \frac{-N_2 \,.\sin\beta + 3q \,.\frac{a}{2}}{\sin\alpha}$$

د(N_1)دواړه رابطې يوه له بلې سره مساوي ږدو وبه لروچې:

$$\frac{-N_2 \,.\sin\beta + 3q \,.\frac{a}{2}}{\sin\alpha} = \frac{N_2 \,.A_1 \ \sin^2\alpha}{A_2 \ \sin^2\beta} =>$$

$$N_2 = \frac{3q \,.a}{2} \,.\frac{\sin^2\beta}{(\sin^3\beta + \frac{A_1}{A_2} \,.\sin^3\alpha)} \ ; \ N_1 = \frac{3q \,.a}{2} \,.\frac{\sin^2\alpha}{(\sin^3\alpha + \frac{A_2}{A_1} \,.\sin^3\beta)}$$

که په پورته د(N_1)او (N_2) په رابطو کې عددي قيمتونه وضع کړونو: ($N_1 =$ 2902N)او($N_2 = 7010N$)په لاس راځي.

څرنګه چې ($A = A_1$)او($2A = A_2$)دې نو نورملی تشنجات په لاندې ډول پيدأ کولي شو:

$$\sigma_1 = \frac{N_1}{A_1} = \frac{2902}{A} N/_{mm^2} \{Mpa\}$$

$$\sigma_2 = \frac{N_2}{A_2} = \frac{7010}{2A} = \frac{7010}{A} N/_{mm^2} \{Mpa\}$$

دميلو دعرضي مقطعو ابعادې اندازې اومساحت دنارملي تشنجاتو په پام کې نيولو سره په لاندې ډول پيدأ کېږي:

$$\sigma_2 = \frac{N_2}{2A} \le [\sigma] => A \ge \frac{N_2}{2[\sigma]} = \frac{7010}{2 \,.160} = 21{,}9mm^2$$

$$A_1 = 21{,}9mm^2 \quad ; \quad A_2 = 2 \,.21{,}9 = 43{,}8mm^2$$

دميلو قطرونه مساوي دې په :

$$d_1 = \sqrt{\frac{4\,A_1}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \,.21{,}9}{3{,}14}} = 5{,}28mm$$

$$d_2 = \sqrt{\frac{4\ A_2}{\pi}} = \sqrt{\frac{4\ .\ 43{,}8}{3{,}14}} = 7{,}47mm$$

قطرونه دمیلو($d_1 = 5{,}5mm$)او د($d_2 = 7{,}5mm$)قبلوو.

لدې ځایه لرو چې :

$$A_1 = \frac{\pi\ .\ \ {d_1}^2}{4} = 23{,}75mm^2 \quad ; \qquad A_2 = \frac{\pi\ .\ \ {d_2}^2}{4} = 44{,}2mm^2$$

نو نارملي تشنجات يې په لاندې ډول پيدأ کولی شو:

$$\sigma_1 = \frac{N_1}{A_1} = \frac{2902\ .\ 10^3}{23{,}75} = 122\ {}^{N}/_{mm^2}\ \{Mpa\}$$

$$\sigma_2 = \frac{N_2}{A_2} = \frac{7010\ \ .\ 10^3}{44{,}2} = 158\ {}^{N}/_{mm^2}\ \{Mpa\}$$

شپږم نمبر (۶)کورنې دنده

دمیلې سیستم دمحاسبې لپاره ضروري ارقام

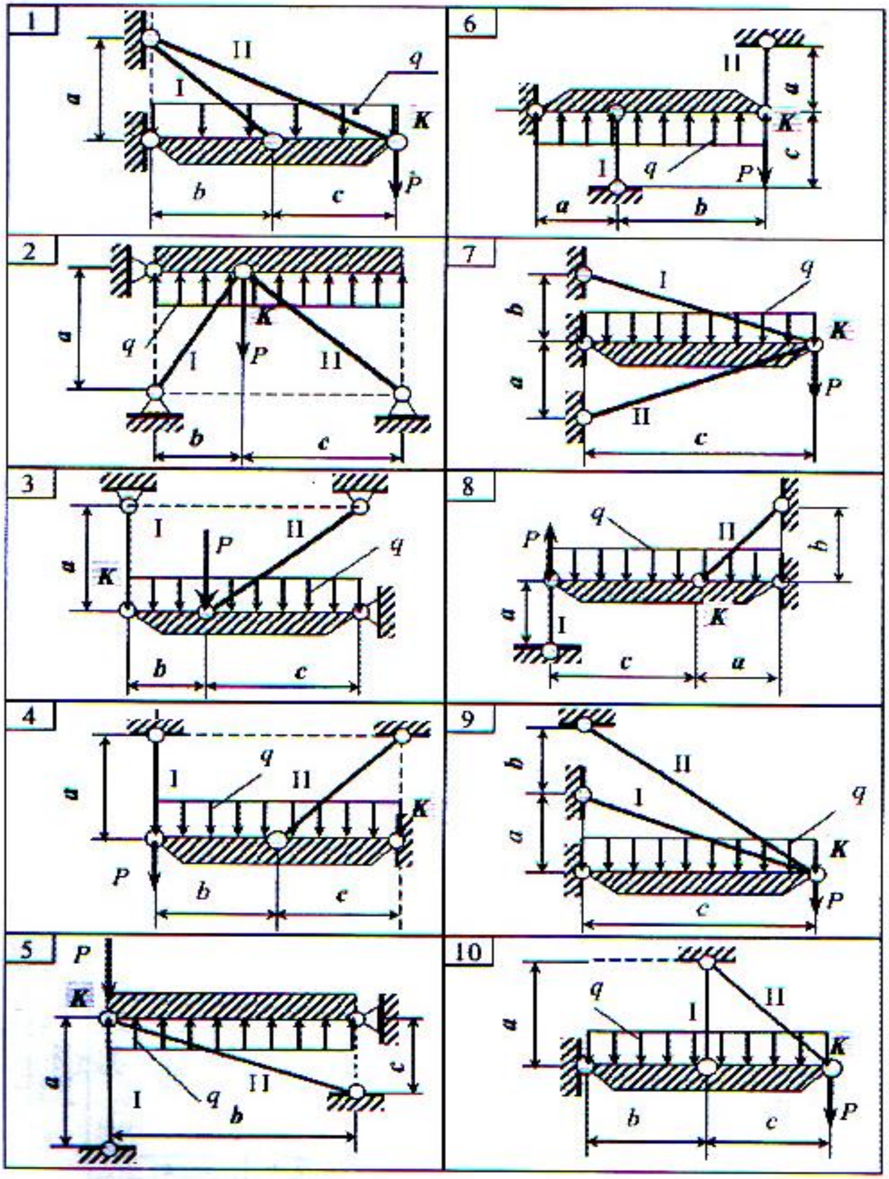
دمیلو مواد		mm	tC^o	q (KN/m)	$^{A_1}/_{A_2}$	c(m)	b(m)	a(m)	درسم ګڼه
میله(II)	میله(I)								
15چدن	St.3	−2,5	+45	10	2	0,9	2,5	0,5	1
St.5	25چدن	+2,0	−30	12	2	1,1	2,3	0,7	2
25چدن	St.10	−1,5	+15	10	2	1,4	2,1	0,9	3
St.30	A5برنج	+2,0	−20	20	2	1,5	1,9	1,1	4
A5 برنج	St.40	−3,0	+10	20	2	1,7	1,7	1,3	5
A5 برنج	St.3	+2,0	−15	24	2	1,2	1	0,8	6

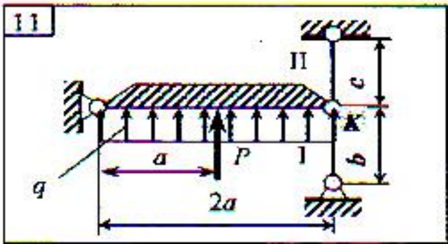
St.50	AL.19	−1,5	+15	20	2	1,8	0,5	1,2	7
St.50	A5برنج	+1,0	−25	10	2	1,9	1,5	1,5	8
St.50	A5برنج	+2,0	−20	20	2	0,5	1,2	1	9
68چدن	St.20	−2,0	+30	30	2	2,1	1,3	1,7	10
St.40x	1−59 لاتون	+2,5	−10	10	3	2,3	1,1	1,9	11
AL.19	St.4	−1,0	+20	12	2	2,5	0,9	2,1	12
St.3	AL.19	+3,0	−45	10	5	2,7	0,7	2,3	13
15چدن	St.3	−1,0	+25	20	3	2,5	0,5	2,5	14
68چدن	St.25	+2,0	−20	20	2	1,9	1,1	1	15
St.5	25چدن	+1,5	−15	24	5	1,5	0,5	2,7	16
St.50	AL.19	−1,5	+20	20	3	1,4	2,3	1	17
68چدن	St.20	−2,0	+10	10	3	1	0,5	2,9	18
68چدن	St.4	+1,0	−15	15	2	1,2	0,4	1,6	19
AL.19	A5برنج	−0,5	+20	20	2	0,5	1,5	2,0	20
10چدن	St.3	+2,5	−10	10	3	2,3	1,1	1,9	21

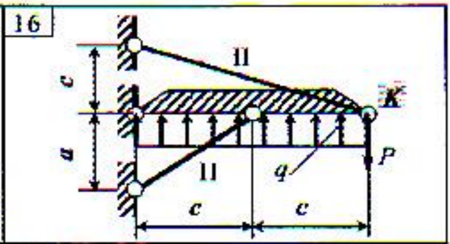
St.5	25چدن	− 1,0	+20	12	2	2,5	0,9	2,1	22
10چدن	St.10	+3,0	−45	10	5	2,7	0,7	2,3	23
St.30	A5	− 1,9	+25	20	3	2,5	0,5	2,5	24
A5 برنج	St.40	+2,0	−20	20	2	1,9	1,1	1	25
A5 برنج	St.3	+1,5	−15	24	5	1,5	0,5	2,7	26
St.40x	AL.19	−1,5	+20	20	3	1,4	2,3	1	27
St.40x	A5برنج	−2,0	+10	10	3	1	0,5	2,9	28
St.40x	A5برنج	+1,0	−15	15	2	1,2	0,4	1,6	29
AL.19	St.20	−0,5	+20	20	2	0,5	1,5	2,0	30

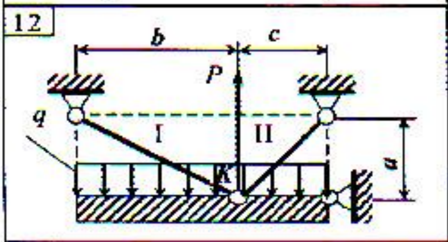
شپږم نمبر (۶)کورني دندي مربوط
دميلي سيستم دمحاسبي لپاره ضروري ارقام

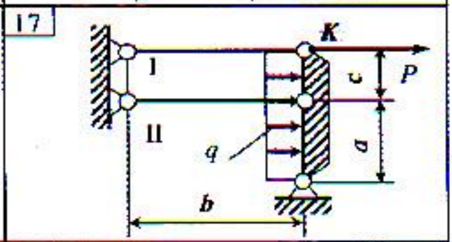
دميلو مواد		دسياليت حدتشنجات	دمحكم والي دحدتشنجات	دارتجاعيت مودل(E,G,MPa)	دحرارتي ابساط ضريب
فولاد	St.3	210	380	$E=1,5 \cdot 10^5$ $G=0,6 \cdot 10^5$	11.10^{-6} $Grad^{-1}$
	St.4	240	420		
	St.5	260	500		
	St.10	210	340		
	St.20	250	420		
	St.30	300	500		
	St.40	340	580		
	St.50	380	640		
	St.40X	650	730		
چدن	15	–	120 كشش كي فشاركي500	$E=1 \cdot 10^5$ $G=0,37 \cdot 10^5$	16.10^{-6} $Grad^{-1}$
	25	–	240په كشش 1000په فشار		
	6–30	190	300په كشش		
برنج	A5	160	380	$E=1 \cdot 10^5$ $G=0,37 \cdot 10^5$	16.10^{-6}
	A9–4	220	600		
	KM3–1	100	350		
لاتون	L68	110	320	$E=1 \cdot 10^5$ $G=0,36 \cdot 10^5$	20.10^{-6}
	L59–1	140	400		
دالمونيم الياژ	AL6	290	440	$E=0,7 \cdot 10^5$ $G=0,26 \cdot 10^5$	24.10^{-6}
	AL19	90	200		

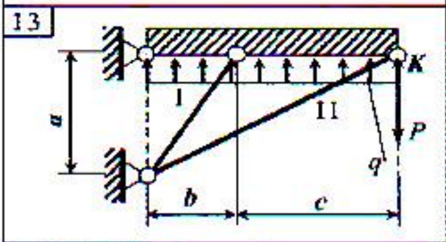

1
a b c q K P I II
6
a b c q K P I II
2
a b c q K P I II
7
a b c q K P I II
3
a b c q K P I II
8
a b c q K P I II
4
a b c q K P I II
9
a b c q K P I II
5
a b c q K P I II
10
a b c q K P I II

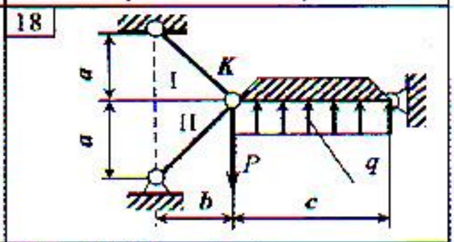

11
II
c
K
b
I
P
a
q
2a

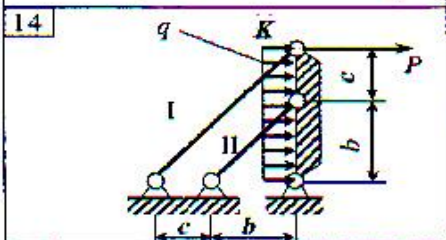

16
II
c
K
a
II
q
P
c
c

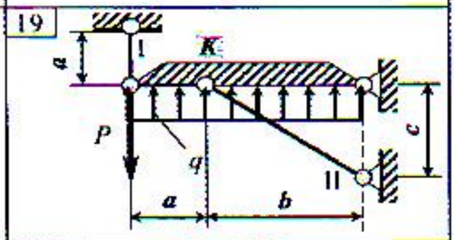

12
b
c
P
q
I
II
a
K

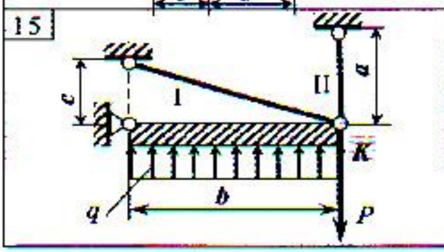

17
K
I
c
P
II
q
a
b

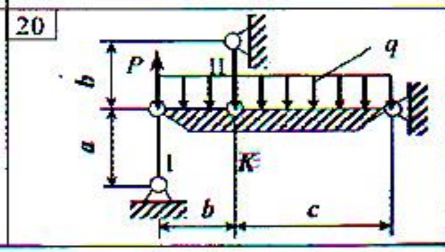

13
K
a
I
II
P
q
b
c

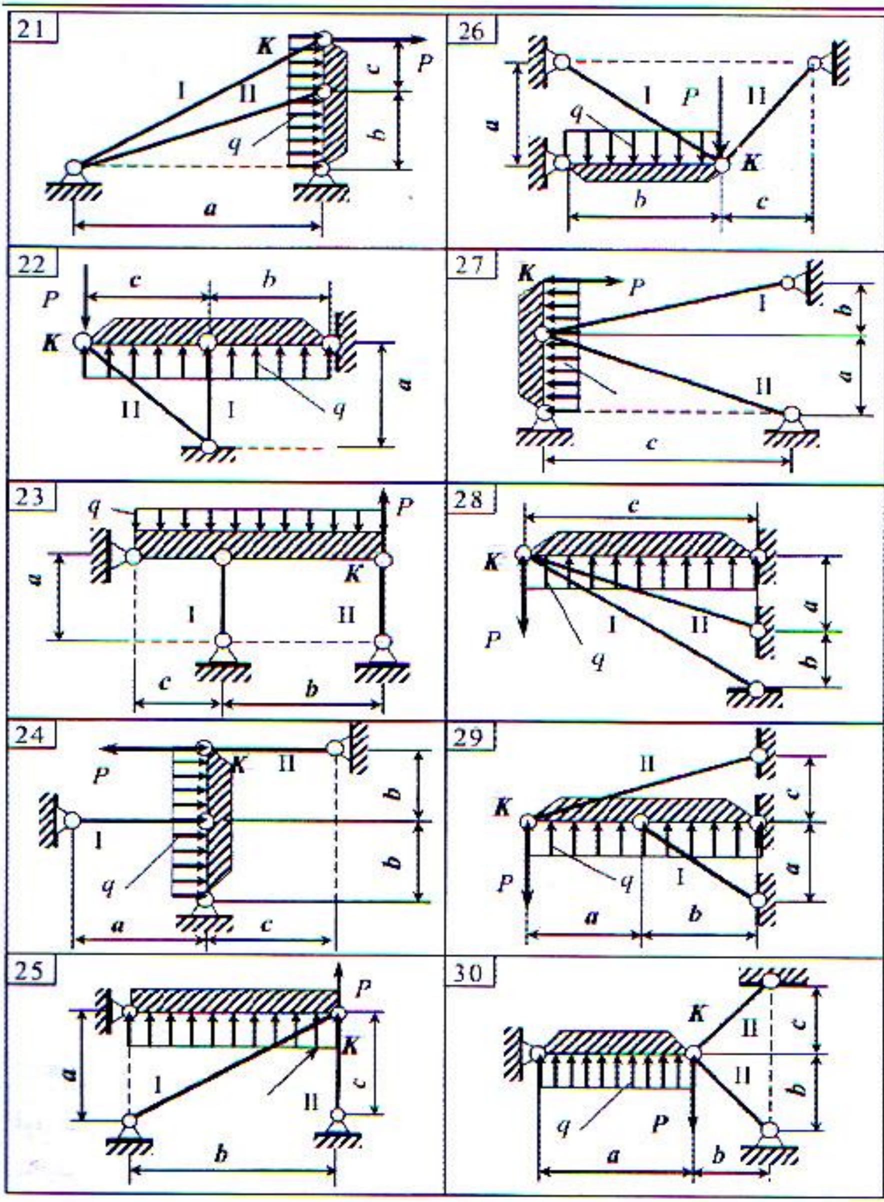

18
a
I
K
a
II
P
q
b
c


14
q
K
P
c
I
II
b
c
b


19
a
I
K
P
q
c
II
a
b


15
c
I
II
a
K
q
b
P

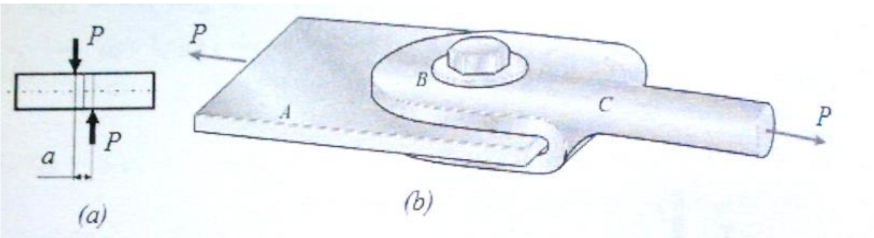

20
P
II
q
b
a
I
K
b
c


21
26
22
27
23
28
24
29
25
30

څلورم څپرکي

بې ځايه والي اوغوځيدنه (پرې کيدنه)

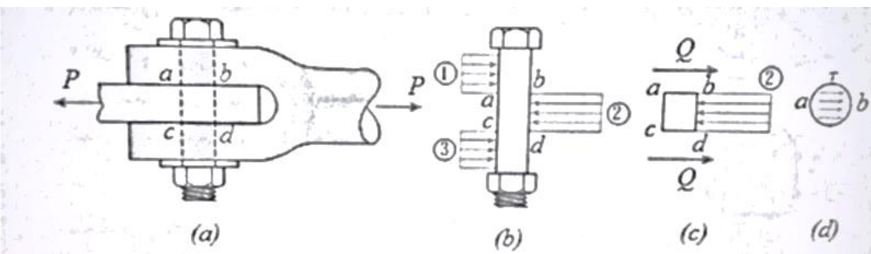
يوبل دشکل بدلون چې دقوو له اغېزې په ساختمان اودهغې په عناصرو کې منځ ته راځي په نوم دبې ځايه والي اوغوځيدنې سره يادېږي .داډول دشکل بدلون ددوومساوي اومخالف الجهت قوو له اغېزې چې په ميله کې د a فاصلې په اندازه يوه له بلې عمل کوي منځته راځي (1.4–شکل) پدې حالت کې دغوڅوونکو يا مماسي



1.4–شکل: دغوڅوونکي قووعمل

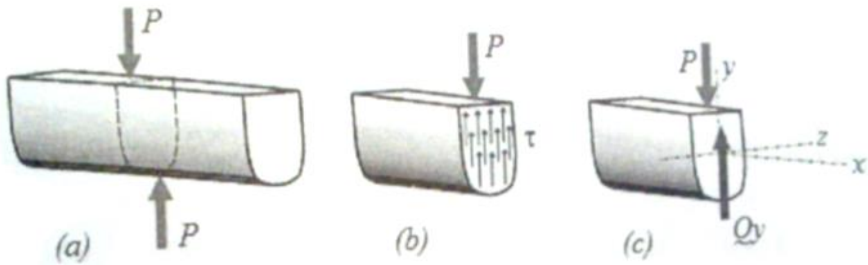
تشنجاتو له اغېزې ميله پرې کېږي(2.4–شکل).

هغه اړيکې چې دسوچه بې ځايه کيدنې(حرکت)په تيورۍ کې ترلاسه شوي دې ممکن دهغه حالاتو لپاره سره شريکې شوي وي چې کله دميلې په عرضي مقطع کې نارملي تشنجات موجودنه وي اويادهغوي دمقدار څخه صرف نظر شوي وي هغه تخريب چې دبې ځايه کيدنې(حرکت) څخه راپيدا کېږي ،دپريکيدلو(فلزاتولپاره) او ماتيدلو (لرګي،ډبرې اونوروله پاره) په نوم يادېږي.



2.4–شکل :دبولټ په مختلفو برخوکې دقوو وېش له اغېزې دتشنجاتو پيدا ايښت

په بیځایه کیدنه کې یو شمېروصلیې عناصرلکه:پرچې ګانې ،بولټونه ،فانې دولډینګ بخې اونور،چې په عامه وینا میلې نه ګڼل کېږي استعمالیږی،ددی عناصرو واقعي کار ډېرسخت دې اودسوچه بې ځایه کیدنې دتیورۍ استعمال دهغوی دمحاسبه کولو لپاره یو شرطي خاصیت لري ددې محاسبو مشروطوالې مخکې له هر څه په دې کې متشکل دی چې دبې ځایه کیدنې په صورت کې (په بولټونو ،پرچې ګانو او نورو کې) په مقطع کې مماسي تشنجات نابرابر وېشل کېږی(ایښودل کیږې) اوبدون له دې څخه په ګونجي کیدلو او کوږوالي کې تشنجات پکې را پیدا کېږي نو ددې محاسبواطمینان اواسانتیا په عملي لارښودونو متکې ده اودطرحه ریزۍ په ډګر کې یې پراخه استعمال موندلی دی، په عمل کې پریکیدنه په یوازې ډول کمه لیدل کېږی اودا ډول دشکل بدلون له کوږوالي یا دانحنایې شکل بدلون سره یوځای وی.په بې ځایه کیدنه کې دشپږوعاملو داخلي قوو څخه یواځې Qy اوQz دعرضي مقطعې په سطحه عمل کوي(4.3-شکل):

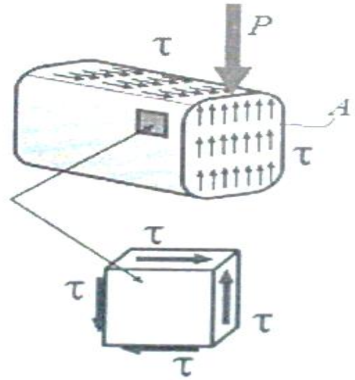


4.3-شکل

پدې ډول دشکل بدلون کې مماسي تشنجات چې دپریکیدنې تشنجات هم ورته وایې رامنځته کېږي. اوپه لاندې ډول محاسبه کېږي:

$$\sum F_y = 0 => Q_y = P; \qquad \tau = \frac{Q_y}{A} = \frac{P}{A}$$

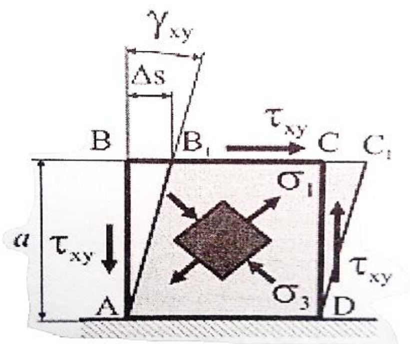
تجربو اوتحقیقاتوښودلې ده،چې که دقوو دعمل له اغېزې دبې ځایه کیدنې



شکل بدلون کې یوازې مماسي تشنجات راپیداکېږي ،چې دې ډول بې ځایه کیدني ته سوچه بې ځایه کیدنه وایې .
لکه چې(4.4–شکل)کې لیدل کېږي دPدقوې له اغېزې دمیلې په ټولو خواوو کې مماسي تشنجات رامنځته کېږي.

4.4–شکل: دمماسي تشنجاتو عمل کړنه

ددی کار دلا روښانتیا لپاره دمیلې څخه یوه کوچنۍ برخه را پرې کوو او څیړوو یې(5.4–شکل). له شکل څخه لیدل کېږي چېBاوCنقطې دتشنجاتوله اغېزې دB_1اوC_1نقطوته لیږدیدلي او دΔsپه اندازه یې بې ځایه والې کړي دې،اوهغه زاویه چې دلیږد له امله پیدا شویده دبې ځایه کیدنې نسبې زاویې(γ_{XY})په نوم یادېږي.



5.4–شکل:له میلې څخه بیله شوې برخه

دABB_1له مثلث څخه کولاې شو چې ولیکو: $Tg\gamma_{xy} = \frac{\Delta s}{a}$

څرنګه چې دازاویه کوچنۍ د ه نو: $Tg\gamma_{xy} = \gamma_{xy}$

نو نسبې بې ځایه کیدنه مساوي ده په : $\gamma_{xy} = \frac{\Delta s}{a}$

دهوګ دقانون په بناء دمماسي تشنجاتو اونسبې بې ځایه کیدنې،دموادودارتجاعیت حدپه منځ کې خطي رابطه موجوده ده،پس کولی شو چې ولیکو :: $\tau_{xy} = G.\gamma_{xy}$

$$\gamma_{xy} = \frac{\tau_{xy}}{G}$$

په پورته رابطه کې G–دوهم مودول ارتجاعیت دموادو دی اویادموادودارتجاعیت مودول په بې ځایه کیدنه کې.داد دوهم ترتیب مودول دخاصوموادو یاځانګړوموادو لپاره ثابت دې اودارتجاعیت اول مودول (دیونګ مودل)او دپواسن ضریب له مخي پیداکیږي:

څرنګه چې: $G = \frac{E}{2(1+\mu)}$ دې، اودقیمت په وضع کولو(Q_y)سره کولی شو دبې ځایه کیدنې اندازه پیداکړو:

$$\gamma_{xy} = \frac{\Delta s}{a} \ , \ \Delta s = \gamma_{xy}.a \ , \quad \tau_{xy} = G.\gamma_{xy} \ , \ \gamma_{xy} = \frac{\tau_{xy}}{G} \quad , \ \tau_{xy} = \frac{Q_y}{A} \ , \ \Delta s = \frac{\tau_{xy} \ . \ a}{G} => \Delta s = \frac{Q_y \times a}{G \times A}$$

دپریکیدلو په صورت کې دمحکم والي شرط په دې ډول :

$$\tau_{max} = \frac{Q_{y \ max}}{A} \leq [\tau] \quad {}^{Kg}/_{cm^2} \ ; \ Mpa \ :$$

دماتیدونکوموادو لپاره دمماسي مجازي تشنجاتو مقدار پدې ډول قبول شویدې:

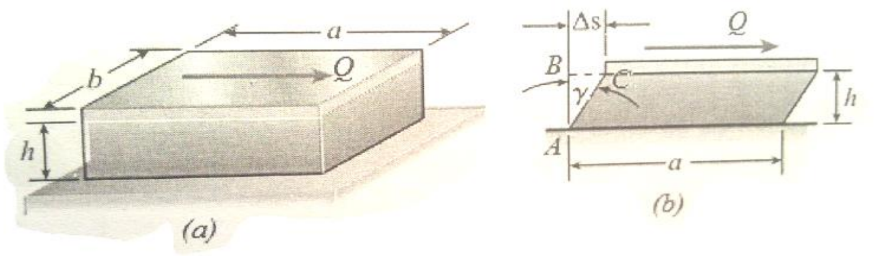
$$[\tau] = (0,8 - 1)[\sigma]$$

اودپلاستیکې موادو لپاره دمماسي مجازي تشنجاتومقدارعبارت دې له :

$$[\tau] = (0,5 - 0,6)[\sigma]$$

دنارملي مجازي تشنجاتو مقدار په بې ځایه کیدنه کې($[\sigma]$=100 mpa) په حدودو کې قبول شویدې[2] ,[4].

1.مثال: یوالاستیکې رابر ډوله مقاوم عنصر دhپه جګوالي او دa x b په اندازو د(6.4–شکل) مطابق ، دضربې دکمولو لپاره په پلونو اونورو ماشین آلاتو کې ترې ګټه پورته کوي ددې عناصردساتلو لپاره په فلزي پوش ، پوشش شویدې اودا عناصر د(Q)بې ځایه کیدونکې قوې له اغېزې لاندې راغلي دې دبې ځایه کیدنې اندازه یې ددې قوې له اغېزې پیدا کړي[2].



6.4-شکل

حل : دغوڅیدونکي قوې له اغېزې اعظمي تشنجات مساوي دې په: $\tau_{max} = \frac{Q}{A} = \frac{Q}{a \times b}$

دهوك قانو ن په بنأ دمماسي تشنجاتو مقدار دبې ځایه کیدنې زاویې او ارتجاعیت مودول په پام کې نیولو سره په دې رابطه موندل کېږي:

$$\tau_{max} = G \, . \, \gamma \quad => \quad \gamma = \frac{\tau_{max}}{G} = \frac{Q}{A \, . \, G} = \frac{Q}{a \, . \, b \, . G}$$

دبې ځایه کیدنې زاویه دABC مثلث څخه په لاندې ډول پیدا کېږي:

$$Tg_{\gamma} = \frac{\Delta s}{h}$$

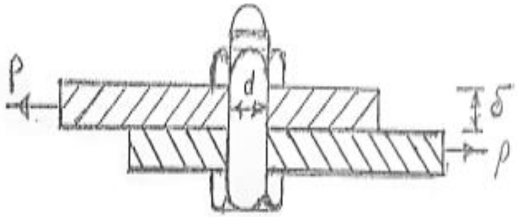
څرنګه چې زاویه ډېره کوچنۍ ده پس قبلوو چې : $Tg \ \gamma = \gamma$ نو بنأ :

$$\frac{\Delta s}{h} = \frac{Q}{a \, . \, b \, . G}$$

دبې ځایه کیدنې دشکل بدلون په وصلیدونکو ډولونو کې : $\Delta s = \frac{h \, . \, Q}{a \, . \, b \, . \, G}$

په تیرو درسونو کې وویل شول چې دبې ځایه والي شکل بدلون په ډیروو وصلیدونکو(اتصالاتو)په ښکاره ډول معلومېږي ددې لپاره یوشمېر وصلیدونکې (اتصالات) چې په ساختمانو نو کې عام دې ، ترڅېړنې لاندې نیسو.

2.مثال: دیوه بولټ لپاره چې په(7.4–شکل) کې ښودل شویدي او دوه فولادي میلې سره نښلوي او د P = 800 Kg قوې تر اغیزې لاندې واقع دي که چېرې دمیلې پنډوالي $\delta = 8mm$ او مجازي مماسي تشنج $[\tau] = 600\ {}^{Kg^f}/_{cm^2}$ او نارملي مجازي تشنج $[\sigma_b] = 200\ {}^{Kg^f}/_{cm^2}$وي دبولټ قطر پیدا کړئ او په هغه کې نارملي تشنج وټاکئ ؟ [2].



7.4– شکل: دبولټ په واسطه ددووفولادي میلو اتصال

حل: دلاندې افادې څخه په لاس راوړو چې:

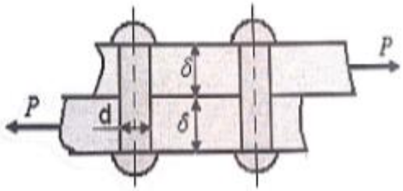
$$\frac{P}{A} = \frac{P}{\frac{\pi d^2}{4}} \le [\tau] => \qquad d \ge \sqrt{\frac{4P}{\pi[\tau]}} = \sqrt{\frac{4\ x\ 800}{3{,}14\ x\ 600}} = 1{,}3cm$$

او اوس يې نارملي تشنج پیدا کوو:

$$\sigma_b = \frac{P}{\delta\ x\ d} = \frac{800}{0{,}8\ x\ 1{,}3} = 768\ {}^{Kg^f}/_{cm^2}$$

1.4:پرچې وصلیدل (اتصالات):

هغه ساختمانونه چې دفلزي عناصروپواسطه آبادیږي.
دعناصرواړیکه اواتصال يې دپرچې په کومك سرته رسیږي.
دبیلګي په ډول دپلونو په جوړونه ، ساختماني فریمونو، او دبهیدونکو موادو ذخیرې، دکشتیو جوړونه ،دالوتکو جوړول اونورو کې دپرچې دوصلیې څخه ګټه



8.4–شکل: ددوو میلو وصلیدل دپرچي په واسطه

پورته کوي . دا ډول وصلیی دډېر ښه والي درلودونکې دي ځکه چې ویجاړیدنه یې دشکل بدلون سره یو ځاي وي چې دادشکل بدلون له ویجاړیدنې (تخریب) دمخنیوي لپاره متوجه کیدل اوخبرول دي . هغه فکتورونه چې په دې ډول اتصالاتو کې دشمېرني وړدې عبارت دی له :مماسي تشنجات یا دپرچې دمقاومت مقدار معلومول دقوو اوشکل بدلون په مقابل کې، دپرچې دشمېر ټاکل ، دپرچې دقطر او یا اندازو ټاکل ، هغه مساحتونه چې دګونځه کیدنې (غونجیدنه) شکل بدلون لاندې راځي اوپه ګونځه کیدنه کې دتشنجاتومقدار معلومول دي.

پرچې ګاني په کشش اوپریکیدنه کې دحل وړ فعالیت کوي اوفولادو مارك جوړوي لکه St_2، St_5 اونور.

دجوړښتونو دعناصرو دوصلي"پرچې ،پن او نور" غونجیدل دفولادو کلاس جوړوي لکه:C44/29،C46/33،C52/40اونور.

څرنګه چې (8.4) شکل کې لیدل کېږي ، دوه عناصر اویا دوې سطحې دپرچې وصلیی په واسطه سره پیوند شویدي اودPقوې له اغېزې پرچې ګانې دمماسي تشنجاتو تراغېزې لاندې راځي، پدې اساس تشنجات په لاندې ډول محاسبه کېږي :

$$\tau = \frac{P}{A} = \frac{P}{n\frac{\pi d^2}{4}}\ [\mathrm{Mpa}]$$

په پورته فورمول کې : d– قطر دپرچې ،P– وارده قوه او n– شمېره دپرچې دي.

دمحکم والي شرایط پدې حالت کې په لاندې ډول دي:

$$\tau = \frac{P}{A} = \frac{P}{n\frac{\pi d^2}{4}} \leq [\tau]\ [\mathrm{Mpa}\ ,\ \mathrm{Kg/cm^2}]$$

دپورته فورمول څخه په ګټې اخیستنې سره شمېره دپرچې ګانو مساوي دي په :

$$n \geq \frac{P}{\frac{\pi d^2}{4}[\tau]}$$

اوقطر دپرچې پدې فورمول کې پیدا کېږي : $d \geq \sqrt{\frac{4P}{\pi \, . \, n \, .[\tau]}}$

پرچې اتصالات دPوارده قوې له اغېزې په منظم ډول په ټول اوږدوالي دپرچې کې وېشل کېږي . علاوه پردې پرچې ګانې په پریکیدنه کې دغونجیدونکو(Wrinkle)تشنجاتو تر اغېزې لاندې هم راځي، ددې تشنجاتو له اغېزې په پرچې اودهغې په سوریو کې دغونجیدنې دشکل بدلون منځته راځې(9.4– شکل).

دغونجیدنې په حالت کې نورمال تشنجات په لاندې ډول پیدا کېږي: $\sigma_w = \frac{P}{n \, . \, A_w} = \frac{P}{n \, . \, \delta \, . \, d}$

په پورته فورمول کې A_w – دغونجې شوې سطحې مساحت دی. په غونجیدنه کې دمحکم والي شرایط دتشنجاتوله مخې مساوي دې په :

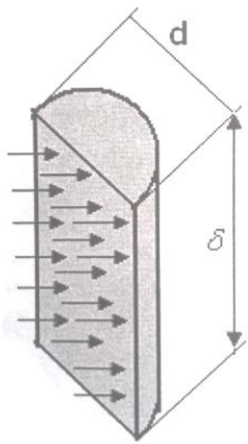
$$\sigma_c = \frac{P}{n \, . \, \delta \, . \, d} \leq [\sigma_c]$$

دپرچې ګانو شمېره ددې رابطې پواسطه پیدا کېږي :

$$n \geq \frac{P}{\delta \, . \, d \, . \, [\sigma_C]}$$

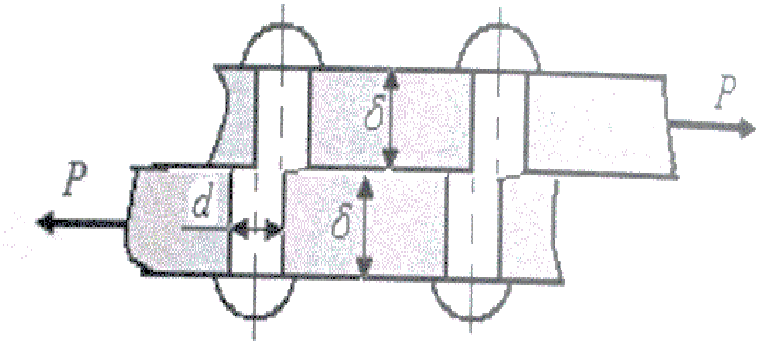
دپرچې قطر په غونجیدنه کې دمحکم والي له شرایطو په دې ریاضیکې افاده سره پیدا کولای شو

$$d \geq \frac{P}{\delta \, . \, n \, . \, [\sigma_C]}$$



9.4– شکل:په پرچې کې غونج شوي تشنجات

دوارده قوو دعمل په پایله کې متناسب تشنجات را پیدا کېږي چې دپریکیدنې شکل بدلون رامنځته کېږي ، په لاندې (10.4- شکل) کې یې لیدلای شو .



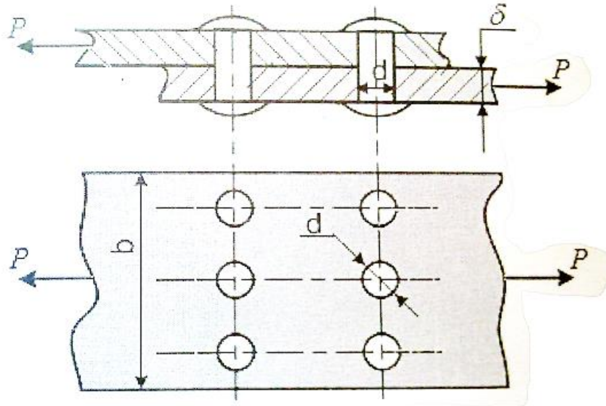
10.4- شکل :دP دوارده قوې له اغېزې پریکیدنه

دیادولو ده چې بولټونه او پرچې ګانې یوشان دې ، او هغه فورمولونه چې دپرچې ګانو لپاره پیدا شول دبولټونو محاسبه هم پرې کېږي[2] ,[7].

3.مثال: دضرورت وړ شمېره دپرچې ګانو دساختمان لپاره پیدا کړي په هغه صورت کې چې سور دپرزي یا پلیټ b=240mm ، پنډوالی یې $\delta = 12\text{mm}$ ،دپرچې قطرd=23mm، مجازی مماسي تشنج $[\tau] = 100\text{Mpa}$، په غونجیدنه کې مجازی تشنج $[\sigma] = 240\text{Mpa}$او وارده قوه P=250 KNوي(11.4- شکل)[2] .

حل: په غوڅیدنه اوبې ځایه کیدنه کې دمحکم والي له شرایطو دپرچې ګانو شمېره پیدا کوو:

$$\tau = \frac{P}{n\,.\,A} = \frac{P}{n\frac{\pi d^2}{4}} \le [\tau]$$



11.4– شکل

n– شمېره دپرچې ګانو ده .او d=23mm=2,3cm نو :

$$n = \frac{P}{\pi \, {d^2}/{4} \cdot [\tau]} = \frac{250 \times 10^3 \times 4}{3,14 \times (2,3 \times 10^{-2})^2 \times 100 \times 10^6} => n = 6$$

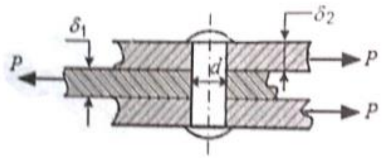
اوس دپرچې ګانو شمېر په غونجيدنه کې دمحکم والي له شرايطوپيدا کوو:

$$\sigma_{cm} = \frac{P}{\delta \times d \times n} \leq [\sigma_{cm}] => n = \frac{P}{\delta \times d \times \sigma_{cm}}$$

$$= \frac{250 \times 10^3}{2,3 \times 10^{-2} \times 12 \times 10^{-3} \times 240 \times 10^6} = 3,8$$

دساختمان دکار دخاطر جمعې لپاره دپرچې ګانو شمېره (6) عدده قبلوو.

4.مثال: ددريو تختو لپاره دپرچې ګانو شمېره معلومه کړې چې د 20mm قطر درلودونکو پرچې پواسطه سره وصل شويدې، په هغه صورت کې چې دپورتنۍ او لاندينۍ تختو پنډوالي $\delta_2 = 5mm$ او دمنځنۍ تختې پنډوالي $\delta_1 = 12mm$ دې . په بې ځايه کيدنه کې مجازې تشنجات $[\tau] = 100$ Mpa ، په غونجيدنه کې مجازې تشنجات $[\sigma_{cm}] = 280Mpa$ ،او وارده شوي قوه P=180KN وي[2] .



12.4-شکل

حل: په بې ځایه کیدنه کې دتشنجات مقدا ر له لاندې رابطې څخه پیدا کوو:

$$\tau = \frac{P}{A} \leq [\tau] => \frac{P}{2 .n .A} \leq [\tau]$$

په پورته رابطه کې ددوو عدد(2)پدې معنا دې چې درې تختې دپرچې پواسطه سره وصل شویدې ، امکان لري په دوو ځایونو کې پرچې غوڅه شي ، یا په پورتنۍ، ښکتنۍ د منځنیې تختې کې (C=2) ،

$$n \geq \frac{P}{2\,{}^{\pi d^2}/_{4}\,.[\tau]} = \frac{180\,.\,10^3\,.\,4}{2\,.3{,}14\,.(20\,.10^{-3})^2\,.\,100\,.\,10^6} = 2{,}83 \approx 3$$

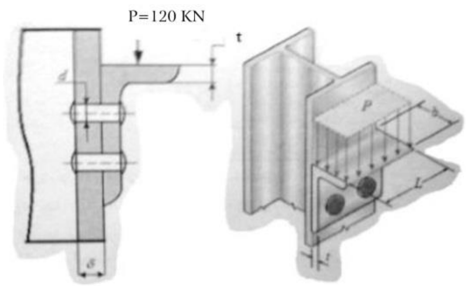
شمېره دپرچې ګانو دمحکم والي له شرایطو په هغه صور ت کې چې تشنجات دغونجیدنې په سطحه کې رامنځته کېږي پدې ډول پیدا کېږي:

$$\sigma = {}^{P}/_{A} = \frac{P}{2\,.\,n\,.\delta_2\,.d} \leq [\sigma] \quad , \quad n \geq \frac{P}{2\,.\,\delta_2\,.d\,.\,[\sigma]}$$

$$n = \frac{180\,.\,10^3}{2\,.\,5\,.\,10^{-3}.20\,.10^{-3}280.10^6} = 3{,}27 \approx 4$$

وروسته له شمېرنې n=4قبلوو.

5 .مثال: دلاندې رسم شوی جوړښت لپاره په غونجیدنه او بې ځایه کیدنه کې دتشنجاتو مقدار پیدا کړي په هغه صورت کې چې دپرچې ګانو شمېره n=5 ، دهر پرچې قطر d=20mm اووارده قوه P=120KN وي ، که پنډوالي $\delta = 17mm$ او t= 7mm وي(13.4-شکل).



13.4-شکل

حل:

تشنجات په غوڅیدنه کې:

$$t = \frac{P}{A} = \frac{P}{n\frac{\pi d^2}{4}} = \frac{120\,.\,10^3.\,4}{5\,.\,3{,}14\,.\,(20)^2\,.\,10^{-6}} = 76{,}4\text{Mpa}$$

تشنجات په غونجیدنه کې :

$$\sigma_w = \frac{P}{A} = \frac{P}{n.t.d} = \frac{120 . 10^3}{5 . 7 . 10^{-3} . 20 . 10^{-3}} = 171\text{Mpa}$$

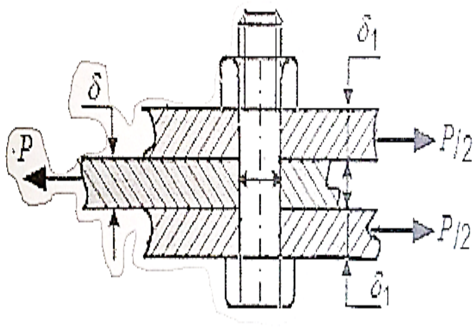
6مثال: دیوه بولټ قطر پیدا کړي که دري تختې سره یوځای کړې، دپورتنۍ اوښکتنۍ تختو ډبلوالي $\delta = 16mm$ وي که په او دمنځنۍ تختې پنډوالي $\delta_1 = 8\text{mm}$ غوڅیدنه کې دمجازی تشنجاتو مقدار $[\tau] = 800 \,{}^{Kg}/_{cm^2}$ ، په غونجیدنه کې دمجازی تشنجاتو مقدا ر $[\sigma_{cm}] = 2000 \,{}^{Kg}/_{cm^2}$ او وارده شوي قوه P= 11Ton وي (4 .14–شکل)[2] .

حل: دبولت قطر دغوڅیدنې له شرایطو پیداکوو :

$$\tau = \frac{P}{A} = \frac{P}{n . c . \frac{\pi d^2}{4}} \leq [\tau] =>$$

$$d \geq \sqrt{\frac{4P}{n . c . \pi . [\tau]}} = \sqrt{\frac{4 . 11 . 10^3}{1 . 2 . 3{,}14 . 800}} = 2{,}96\text{cm}$$

دغونجیدنې په حالت کې دبولټ قطرمساوي دې په :



4 .14– شکل

$$\sigma = \frac{P}{c . n . d . \delta} \leq [\sigma_{cm}] = d \geq \frac{P}{c . n . \delta . [\sigma_{cm}]} =>$$

$$d \geq \frac{11 . 10^3 \text{Kg}}{2 . 1 . 0{,}8 . 2000} = 3{,}44\text{cm}$$

په شمېرنو کې دقطر انتخاب باید اعظمي وي(3.44cm) اووروسته بیا ګورو چې دا شمېره په جدول سورت بندی کې شته ، اوکه نه وي نو معادل یې d=3,5cm انتخابوو.

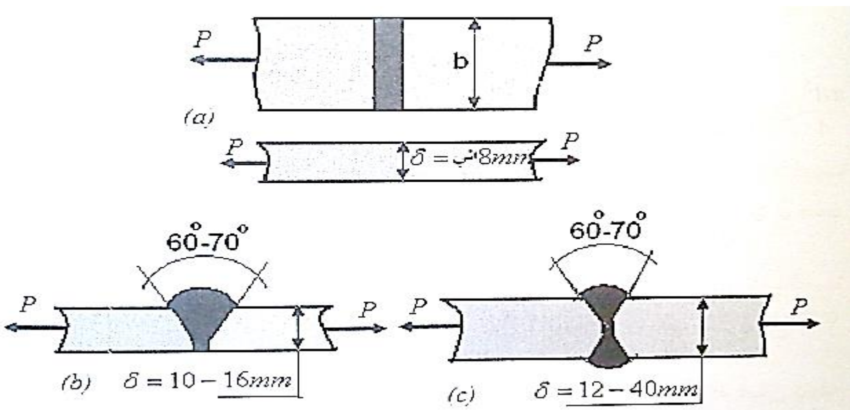
2.4:ولډینګي (جوشي) اتصالات :

په اوسني عصر کې دفلزي ساختمانونو جوړول اودهغې دعناصرو وصلول دولډینګ په مرسته سرته رسېږي . ولډینګ یا جوش ددووفلزي عناصروترمنځ دولډینګ سیخ ویلي کول اودهغې پواسطه دعناصرونښلول دي چې دڅو عناصرو څخه یوکاري عناصر جوړ کړي[2]، [7]، [8] .

په لاندې دریو طریقوسره ولډینګ سرته رسېږي:

اول. څنګ په څنګ اتصال(نوک په نوک وصلیدل):

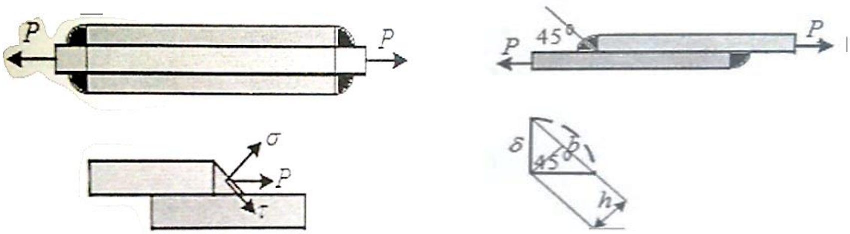
پدې ډول وصلیدنه کې څنګونه دعناصرو په یوه معلومه فاصله دولډینګ په مرسته ډکوي نظر پنډوالي دعناصرو ته څنګ تر څنګ ولډینګ په لاندې ډول سرته رسېږي:



15.4–شکل:دڅنګ په څنګ ولډینګ ډولونه

پــــه دې ډول ولــــډینګ کــــې تشــــنجات را پیــــدا کېــــږي، چــــې دعناصرودپنډوالي په پام کې نیولوسره په محکم والي (مظبوطوالي

) کــــې ازمايښــــت کېــــږي اولـــه هغـــې څخـــه دبخيـــې (بخــی ، وصـــيليه) اندازه پيدا کېږي: $\sigma_w = \frac{P}{A} = \frac{P}{b\,.\,\delta} \le [\sigma_w]$
په پورتني فورمول کې: b – دولډينګې بخيې اوږدوالي.
$[\sigma_w]$ – نـــارملي مجـــازي تشــــنجات پــــه غوڅيدنــــه يــــا پريکيدنــــه دولډينګ په حالت کې .
δ – دکار لاندې عناصرو پنډ والي (ضخامت) اويا دولډينګي موږې(مهرې) لوړوالي(ارتفاع).
دوهم .سرپه سر وصليدنه :
دتجربې له مخې په ثبوت رسيدلي ده چې په دې ډول وصليدنه کې نارملي اومماسي تشنجات راپيدا کېږي.



16.4–شکل:دسرپه سر ولډينګ ډولونه

دولډينګي بخيې اندازې اودتشنجاتو مقدار کولاې شو دلاندې فورمول پواسطه پيدا کړو:

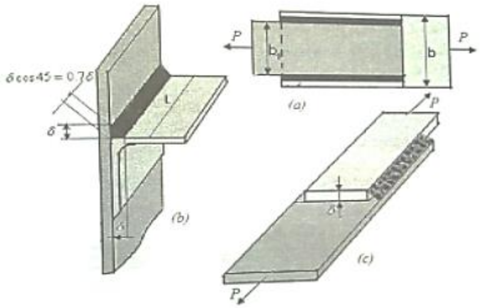
$$\tau_w = \frac{P}{2\,.\,A_w} = \frac{P}{2\,.\,h\,.\,b} = \frac{P}{2\,.\,\delta\,.\,b\,.\,\cos 45} = \frac{P}{1{,}4\,.\,\delta\,.\,b} = \le [\tau_w] \quad ,$$

$$\sigma_w = \frac{P}{2\,.\,A_w} \le [\sigma_w]$$

د(2)عدد په مخرج دکسر کې په دې مانا دې چې ولډینګ کاري له دوو خواوو صورت نیسي .

دریم. څنګي(جانبې) اتصال (دعناصروپه امتداد):

ددې ډول وصلیدنې توپیر له نورو ولډینګو سره دادې چې ولډینګي مهره(موره) دوارده قوې له پاسه په عمودی ډول ځای نیسي.(4.17– شکل)



17.4– شکل: دکاري عناصر په امتداد د ولډینګ ډولونه

دولډینګي بخیی اندزې

اواوږدوالي کولی شو دمحکم والي له شرایطو پیدأ کړو:

$$\tau_w = \frac{P}{1{,}4\ \delta\ .\ l} \le [\tau_w]$$

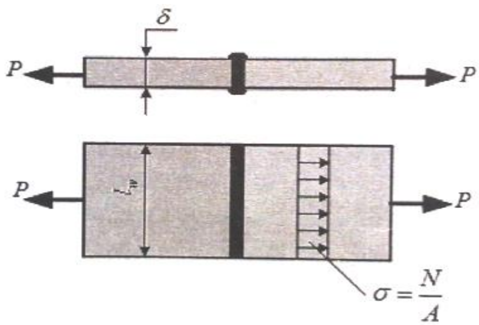
$$\tau_w = \frac{P}{0{,}7\ \ \delta\ .\ L} \le [\tau_w] \quad => L = \frac{P}{0{,}7\ \ .\ \ \delta\ .\ [\tau_w]}$$

پدې فورمول کې L– دولډینګي بخیې اوږدوالي دې.

1.4– جدول: دولډینګي سیخ ډول ته دمجازي تشنجاتو قیمتونه :

دشکل بدلون ډول	مجازي تشنجات	ولډینګ دنازک پوش لرونکې سیخ سره (Mpa)	ولډینګ دنازک پوش لرونکې سیخ سره (Mpa)
کشش	$[\sigma_w]$	100	130
فشار	$[\sigma_w]$	110	145
پریکیدنه ، غوڅیدنه اوبې ځایه کیدنه	$[\tau_w]$	80	110

7.مثال: دوه فلزي عناصر چې عرض يې L=160mm اوپنډوالي يې 8mm دي سر په سر ولډينګ کېږي په هغه صورت کې چې وارده قوه P=28Ton ، نارملي مجازي تشنجات يې $[\sigma] = 1800\, {}^{Kg}/_{cm^2}$ وي ، د P وارده قوې له اغېزې دراپيداشويو تشنجاتو مقدار محاسبه کړئ؟(18.4–شکل)[2].



18.4–شکل

حل: دلاندې فورمول پواسطه يې دتشنج مقدار پيدا کوو: $\sigma = \frac{P}{A} = \frac{P}{\delta \,.\, L_w} \le [\sigma]$

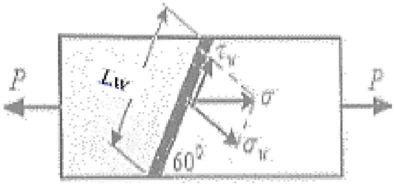
دولډينګي بخيې اوږدوالي کم له اوږدوالي دعناصر څخه دي نوپدې اساس دولډينګ کارۍ اوږدوالي په فورمولو کې په لاندې ډول دي:

Lw=(L−1)

دويلې کيدو نوعيت او ډول ته په مخرج دفورمول کې د(β)ضريب چې دويلې کيدو دقت بيانوي هم شامل دې. په اتوماتيکه ولډينګ کارۍ (Automatic welding) کې ($\beta = 1$) دي اوپه لاسي ولډينګ کاري (Manual welding) کې ($\beta = 0{,}7$) نيول کېږي،او اوس تشنجونه محاسبه کوو:

$$\sigma = \frac{P}{A} = \frac{P}{\beta \,.\, \delta \,.\, L_w} = \frac{28 \,.\, 10^3}{1 \,.\, 0{,}8 \,.\, (16-1)} = 2333\, {}^{Kg}/_{cm^2}$$

لیدل کېږي چې شمېرل شوي تشنجات له مجازي شنجاتو څخه زیات دي.1800 < 2333 نو دکاري عناصرو دمحکم والي دپوره والي لپاره داعناصر 60^0 په میل غوځوو اوله سره یې دوهم وار ته ولډینګ کاري کوو.



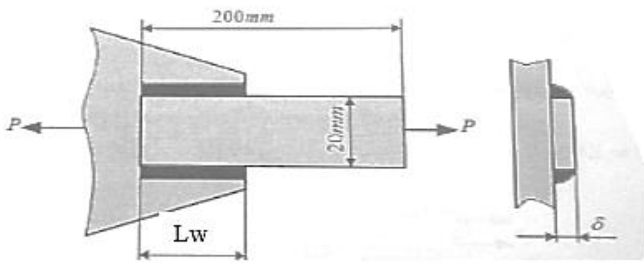
شکل–19.4

$$\sigma_w = \frac{P\,.\ \sin\alpha}{\delta(\frac{L}{\sin\alpha}-1)} = \frac{28\,.\ 10^3\,.\ 0{,}866}{0{,}8(\frac{16}{0{,}866}-1)} => \sigma_w = 1732\ {}^{Kg}/_{cm^2} < 1800\ {}^{Kg}/_{cm^2}$$

$$\tau_w = \frac{P\,.\ \cos\alpha}{\delta\,.\ L_w} = \frac{28\ .\,10^3\ .0{,}5}{0{,}8(\frac{16}{\cos 60}-1)} => \tau_w = 1000\ {}^{Kg}/_{cm^2} < 1800\ {}^{Kg}/_{cm^2}$$

له پورته شمېرنې معلومېږي چې محکم والي دفلزي عناصروچې مایل ولډینګ شویدي کافي دي .

8.مثال: دوه فلزي تختې چې سره ولډینګ شوې دي د (P)قوې تر اغېزې لاندې راغلې دي،که په بخیه یامهره دولډینګ کې دکششي نارملي تشنجاتومقدار= σ 140Mpa ، په بخیه کې دمماسي مجازي تشنجاتو مقدار80Mpa = τ وي.دولډینګي بخیې اوږدوالي چې پورتني تشنجات وزغمي، پیداکړئ [2].



شکل–20.4

حــل: پــه اول کــې د P دکششــي قــوې مقــدارمعلوموو پــه هغــه صــورت کــې چــې مساحت دجسم اوکششي تشنج يې په پام کې ونيسو:

$$\sigma = \frac{P}{A} => P = \sigma . A = 140 . 10^6 . (200 . 20) . 10^{-6} = 560\ KN$$

که وارده قوه يې په نظرکې ونيسو نودمماسي تشنجاتو له فورمول څخه دولډينګي بخيي اوږدوالي پيدا کولای شو:

$$\tau = \frac{P}{0{,}7 . \delta . 2 . L_w} \leq [\tau] => L_w = \frac{P}{0{,}7 . \delta . 2[\tau]}$$

$$= \frac{560 . 10^3}{0{,}7 . 10 . 10^{-3} . 2 . 80 . 10^6} = 0{,}5m = 50cm$$

پــه پورتــه فورمــول کــې $\beta = 0{,}7$ دلاســي جــوش کــاري ضــريب، $\delta = 10cm$

L_w– پــه غوڅــه شــوي برخــه کــې دولــډينګي بخيــې اوږدوالــي او 20mm=2cm عرض ديوي تختي.

پنځم څپرکی

تاويدنه (Torsion)

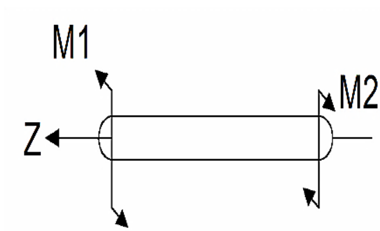
1.5: دتاويدنې اوتاوونکې مومنټ په هکله معلومات:

هغه وخت چې ديوې ميلې په عرضي مقطع کې له شپږو داخلي فکتورونوڅخه يواځې دوراني مومنټ منځته راشي، پدې حالت کې دشکل بدلون په ميله کې واقع کېږي چې په نوم دتاويدنې سره يادېږي.

يا په بل عبارت: هغه دشکل بدلون چې په ميله کې يواځې دتاوونکي مومنټ(Torque) له اغېزې رامنځته کېږي دتاويدنې يا دوراني دشکل بدلون دی .تا ويدنه ديوه جسم (ميلې) دشکل هغې بدلون ته وايې، چې دامتدادي محور په عمودي سطحوکې دجوړه قوو يا متمرکزو مومنتونو له آغيزو څخه منځته راځي(1.5-شکل) ، تاويدنه ډېر ځلې دماشينونو په والونو کې پيښېږي.

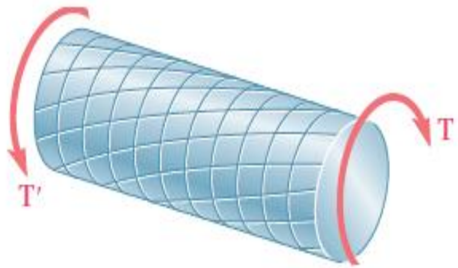


1.5-شکل: دتاوولو له اغېزې دميلې تغير شکل



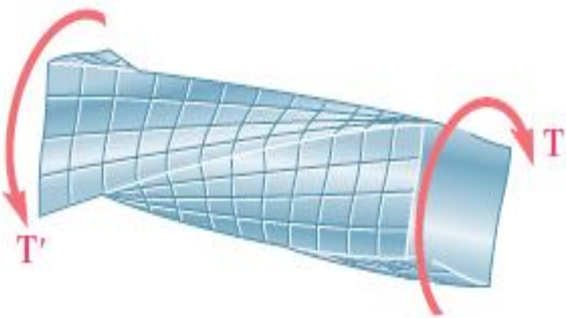
2.5-شکل: ديوه عنصرله پاسه دمتمرکزومومنتونوبښودنه

که چېرې په ګردویادایروي میلو کې دوراني مومنټ دعرضي مقطع په امتداد په مختلفوفاصلو کې وڅرخيږي نو مقاطع دهغې مسطحې پاتې کېږي، چې دا مشخصه یوازې دهغو میلوپاره ده چې عرضي مقطع يې دايروي وي ، چې اساسي علت يې دمحورونو دمتناظروالي موجودیت دی .



3.5-شکل :دګردې مقطع دوران

هغه میلې چې مربعی وي اودڅرخیدونکې مومنټ تراغېزې لاندې راشي نو مقطع دهغې دوران قبلوي اویا دوران زغمي، مګر مسطحه نه پاتې کېږي. په هغه صورت کې يوډول یا مسطح پاتي کېږي چې د90^0اویا 180^0 درجوپه اندازه وڅرخيږي.



4.5-شکل :دمربعی مقطع دوران

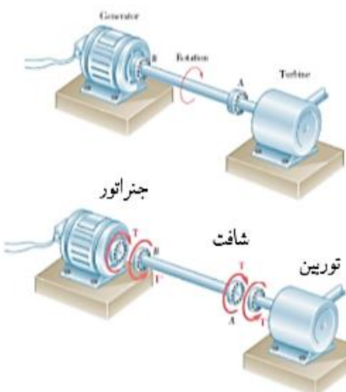
دتجربې په بنأ ثبوت شوي ده چې نرم اوشکل قبلوونکې مواد په بې ځایه کیدنه او غوڅیدنه کې کمزوري دي اوژرترژر ه ماتيږي ، خوماتیدونکې مواد کمزوري او ضعیف دې په کشش کې نظر غوڅیدنې او پریکیدنې ته.که چېرې یوه میله دنرمو

اوشکل قبلوونکو موادو څخه جوړه شوي وې اود دوراني (څرخيدونکې)قوې تراغېزې لاندې قرار ولري نوپه امتداد داوږدوالي کې ميله ماتيږي اوپه دوو ټوټو بدليږي .



6.5–شکل:دتغير شکل منونکو موادو نمونه
5.5–شکل:دماتيدونکو موادو نمونه

ډېروختونه دوراني مومنټ په يوه ځاي کې توليدکيږي اووروسته له هغې دميلو يا شافت په واسطه ليږدول کيږي . لکه چې په يوه توربين کې دوراني مومنټ توليد کيږي اودشافت يا ميلو په واسطه جنراتورته ليږدول کيږي، چې پدې ځاي کې دجنراتور عکس العمل په شافت باندې دمساوي مومنتونو واردول دې خو دشافت دمومنتونو دعلامو خلاف دې او دشافت عکس العمل هم دمساوي مومنتونو واردول په توربين باندې دې ، چې دمقدار له مخې سره مساوي دې .
دپورته څرگندونوپه اساس هغه جوړه دقوو يامومنتونه کوم چې په ميله باندې آغېزه کوي، بايد دا شرط بشپړ کړی: $\sum M_z = 0$
دمثال په ډول دهغه حالت لپاره چې په(2.5– شکل)کې ښودل شويدي:



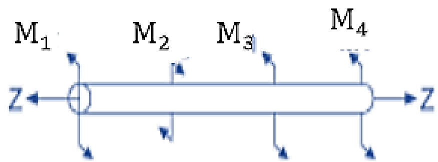
7.5–شکل: د دوراني مومنټ ليږد دشافټ په واسطه له توربين څخه جنراتور ته

$$\sum M_z = M_1 - M_2 = 0$$

له دې ځایه لیدل کېږي ، چې M_1او M_2 دمقدارونو له مخې سره برابر دې اودعلامو له مخې یودبل په مقابل کې دي ، اودهغه حالت لپاره چې په (8.5– شکل)کې ښودل کېږي لیکو چې :

$$\sum M_Z = M_1 - M_2 + M_3 + M_4 = 0,$$

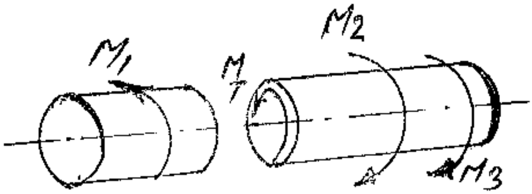
(8.5– شکل) دڅو متمرکزو مومنټونو آغېزه په میله باندې ښکاره کوي.



8.5– شکل

دباندې تاوونکو مومنټونو له اغېزې دمیلې په عرضې معقطو کې داخلي تاوونکې مومنټونه

$M_{T_1}, M_{T_2}, M_{T_3}$ .... منځته راځي (9.5) شکل.

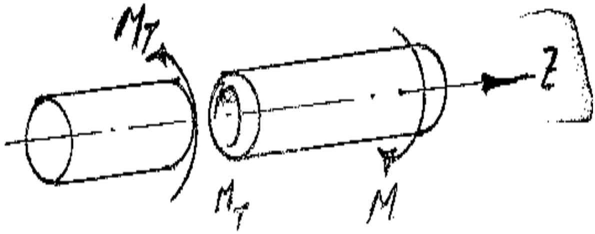


9.5– شکل:عنصر دتاویدنې

په حال کې اودهغه دننه داخلي نیرودې لپاره چې دمیلې په کومه کیفي عرضې مقطع کې تاوونکی مومنټ وشمېرل شي، باید په کیفي ډول په همدې مقطع کې میله پرې کړې شي یعنې دپرېکیدنې دطریقې په مرسته یې یوه خوا لرې غورځوو اوپه بله خوایې دغورځیدلې خوا آثر عوض کوو، چې دتاوونکې مومنټ له محصلې سره برابردی ، اودتعادلې معادلې څخه یې دهغې قیمت لاسته راوړو.

دمیلې په هره یوه کیفي عرضې مقطع کې تاوونکې مومنټ دټولو هغو بهرنیو مومنټونو دالجبري مجموعې سره برابر دی چې دمقطعې په یوې خوا کې واقع شوي

وي اومومنټ يې دمحصلې په مقابل کې لورى ولري.داخلي تاوونکې مومنټ چې دميلې په يوې خوا باندې اثر کوي په مقابل لوري کې دهغه تاوونکې مومنټ سره چې په بله خوا باندې اثر کوي برابر دى د(10.5 –شکل) .

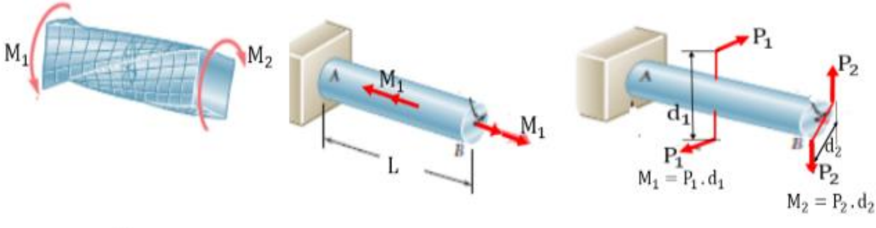


10.5– شکل:دميلې قطع

په يوه ساده حالت کې کله چې ميله په سرونو کې يودبل په مقابل کې په دوو برابرو تاوونکو مومنټونوباندې بارشوي وي ، دمقطعې په عرضي مقطعو کې تاوونکى مومنټ په ټولو عرضي مقطعو کې يوډول کميت لري : $M_T=M$

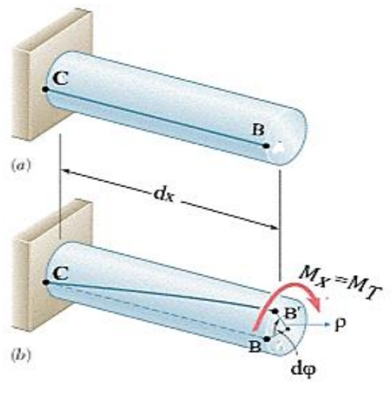
ددې مومنټونو تو پير دمطلقه قيمت له مخې ددې مومنټونو له تعادلې شرط څخه لاسته راځي : $\sum M_Z = M - M_T = 0$

څرنګه چې مخکې وويل شول چې تاوونکى مومنټ دغبرګو(جفتو) قوو کوپل(دقووعمل سره مساوي اوجهتونه يې مخالف) هم منځته راځي(11.5–شکل).



11 .5 –شکل: دغبرګو (جوړه) قوو له اغېزې دتاوونکي مومنټ پيدا کول

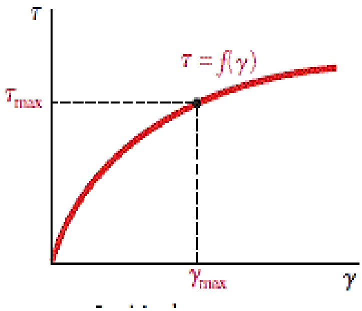
که دتاوونکي مومنټ دشکل بدلون په جریان کې داسې موقع برابره شي چې میله ددې ډول شکل بدلون په مقابل کې مقاومت وکړاې شي، یا په بل ډول باید اندزې دتاوونکی زاویې، دبېځایه کیدنې زاویې اوقطر دمیلې دمحکم والي له شرایطوپیدا شي .ددې موخې دسرته رسیدولپاره یوه میله په نظر کې نیسو چې یوه خوا یې آزاده اوبله خوا یې محکمه تړل شویوي (12.5-شکل) .



12.5–شکل: دمیلې د دوران اوبې ځایه کیدنې زاویې

پدې حالت کې ددوراني مومنټ له اغېزې میله د d_φ زاویې په اندازه دوران مومي اود γ په اندازه بې ځایه کیدنه قبلوي.
څرنګه چې په(12.5-شکل)کې لیدل کېږی دمومنټ له اغېزې میله څرخیږي ، د Bنطقه B_1 نقطې سره d_φزاویې په اندازه انتقال کوي. څرنګه چې سر دمیلې قید اومحکم تړل شوي دي نود Cنقطه د Bله ټکې سره په یوه کرښه قرار لري او په خپل حالت باقي پاتې کېږي اومحور یې د B_1نقطې ته دځای بدلون مومي،ددې ځای بدلون له اوږدوالي اود OBB_1، CBB_1له مثلثو اود Pله شعاع څخه په لاندې ډول پیدا کوو:
$UBB_1 = \rho \,.\, d\varphi = \gamma \,.\, dx \Rightarrow \gamma = P\frac{d\varphi}{dx}$په بې ځایه کیدنه کې دمماسي تشنجاتو مقدار دهوك دقانون په اساس : $\tau = G \,.\, \gamma$ په پورته فورمول کې: G–دموادو دوهم ډول دارتجاعیت مودول دي اودهر ډول موادو لپاره دتجربې له مخې پیدا کېږي ، دبې

ځایه کیدنې تغیرات اوبدلونونه نظر مماسي تشنجاتو ته غیري خطي یا مستقیم ندې (13.5– شــکل)، کــه چېــرې دγ قیمــت دمماسي تشنجاتو په فورمول کې وضع کړو نوپیدا به کړو:



$$\tau = \rho \, . \, G \frac{d\varphi}{dx}$$

دمماسي تشنجاتوپه پام کې نیولو سره دوراني مومنټ مساوي دې په :

$$dM_x = \tau \, . \, dA \, . \, \rho \quad => M_x = \int_A \tau . \ \rho \, . \, dA$$

13.5–شکل:په بې ځایه کیدنه کې دتشنجاتوګراف

کــه دمماســي تشــنجاتو(τ)قیمــت پــه پورتــه فورمــول کــې وضــع کــړو نویــه لاس به راوړو چې:

$$M_x = G. \frac{d\varphi}{dx} \int_A \rho^2 \, . \, dA$$

دانتیګرالــل لاتــدې افــاده دقطبــې انرشــیایې مومنــټ پــه نــوم یــادیږې اولــه هندســـي مشخصاتودعرضـــي مقطـــع څخـــه دې. څرنګـــه چـــې دGاو $\frac{d\varphi}{dx}$ قیمتونــه پــه همــدې مقطــع کــې ثابــت دې نــو دانتیګرالــل څخــه یــې جــدا کوو:

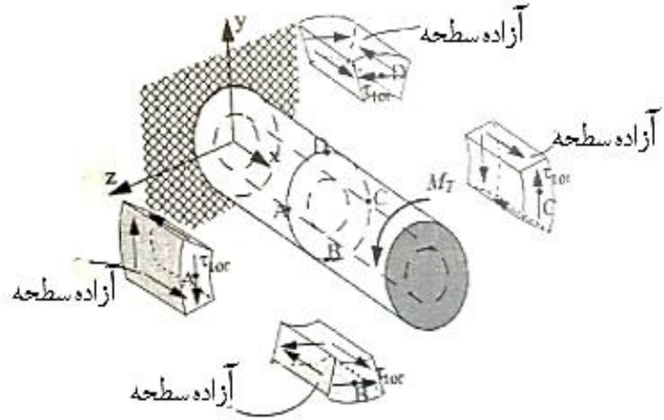
$$M_x = G. \frac{d\varphi}{dx} \int_A \rho^2 \, . \, dA \quad ; \quad \mathcal{J}_\rho = \int_A \rho^2 \, . \, dA$$

پدې صورت کې دوراني مومنټ مساوي دې په :

$$M_x = G. \frac{d\varphi}{dx} \, . \ \mathcal{J}_\rho = {}^{\tau}/_{\rho} \ . \ \mathcal{J}_\rho$$

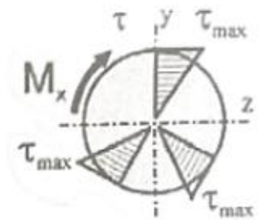
پخوامو وویل چې ددوراني مومنټ په موجودیت کې مماسي تشنجات منځته راځي،

چې په مخامخ(14.5- شکل) کې ښودل شویدي $\tau = \frac{M_x \cdot \rho}{\mathcal{J}_\rho}$ ،



14.5- شکل: دتاوونکی مومنټ له اغېزې دمیلې په مختلفو برخو کې مماسي تشنجات

دمماسي تشنجاتو دوېش دیاګرام نظرشعاع ته چې دصفر څخه تر اعظمي قیمت پورې ، په خطي ډول بدلون مومي په(5 .15 -شکل) کې ښودل شویدي.



15.5-شکل: دمماسي تشنجاتو دویش دیاګرام

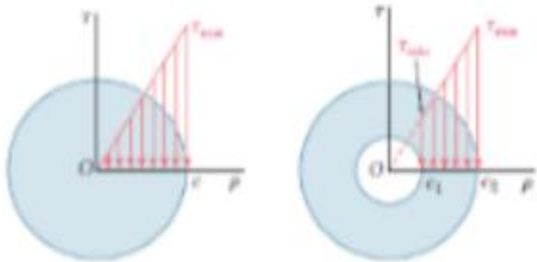
په هغه صورت کې $\rho = \rho_{max}$ وي نواعظمي تشنجات پیدا کولای شو:

$$\tau_{max} = \frac{M_x \cdot \rho_{max}}{\mathcal{J}_\rho} = \frac{M_x}{W_\rho}$$

په پورته فورمول کې : W_ρ- دمقاومت قطبې مومنټ دي چې په لاندې ډول پیداکېږي:

$$W_\rho = \frac{\mathcal{J}_\rho}{\rho_{max}}$$

په دایروي مقاطعو کې چې $\rho_{max} = \frac{d}{2}$ وي دتشنجاتو وېش يې په منځ خالي او منځ ډکومقاطعو کې له مرکز څخه داطرافو په لوري زياتوالي مومي (16.5− شکل).



16.5–شکل: په دايروي او حلقه ئې (حلقوي)مقاطعو کې دتشنجاتو وېش

ددوراني زاويې نسبت پر اوږدوالي دميلې په نوم دنسبې تاوونکې زاويې سره يادېږي.اومساوي دي په : $\theta = \frac{d\varphi}{dx}$

دپخوانيو قيمتونو دوضع کولو څخه وروسته لروچې :

$$\theta = \frac{M_x}{G \ x \mathcal{J}_\rho}$$

ددوراني زاويې دقيمتونو په پام کې نيولو سره چې دتاوونکې مومنټ له اغېزې پيدا شوکولای شو چې وليکو:

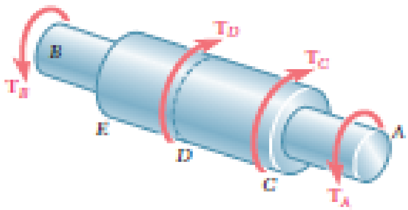
$$\varphi = \int_0^L \frac{M_x}{G \ . \ \mathcal{J}_\rho} \ . \ dx$$

که چېرې ټول اوږدوالي دميلې، تاوونکې مومنټ او هندسي مشخصات دمقطع ثابت وي نودوراني زاويه په لاندې ډول پيداکولای شو:

$$\varphi = \theta \, . \, L = \frac{M_x \ . \ L}{G \ . \ \mathcal{J}_\rho}$$

دياده ولو ده چې ددوران زاويه نظرډول دعرضي مقطع ته په جدا جدا فورمول باندې محاسبه کېږي .

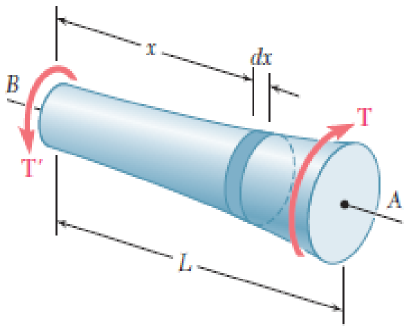
1– هغه ميله چې بدليدونکې(متغيره) عرضي مقطع ولري نو: $\varphi = \frac{M_i \ . L_i}{G_i \ . \ \mathcal{J}_{\rho_i}}$



17.5 – شكل:متغيره دايروي مقطع

2. هغه دايروي ميلې چې دعرضي مقطع تغيرات يې له کم څخه تر زيات اوله اعظمې څخه تر اصغري پورې وي (–

18.5شکل)



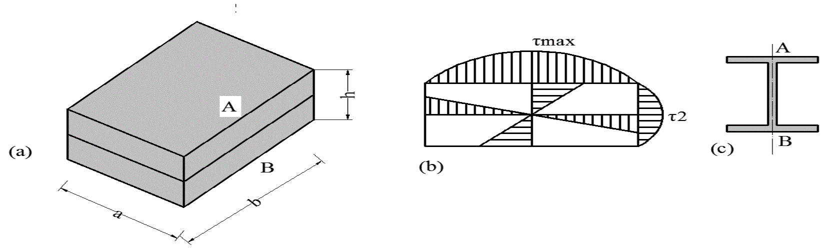
$$\varphi = \int_0^L \frac{M_i \ . d_x}{G \ . \ \mathcal{J}_\rho}$$

18.5 –شکل

3.دمستطيلي مقطعې لرونکې ميلې تاويدنه : ديوې مستطيلي عرضي مقطع لرونکې ميلې په تاويدنه کې په ډېرو حالتونو کې عرضي مقطع همواره نه پاتې کېږي اوکږېږي ، نوځکه په دې حالت کې دهموارې مقطعې اټکل داستعمال وړندی . دا په کال 1859 ميلادي کال کې دفرانسوي پوه سين وين(Seen vein) تجربې ثابته کړيده چې ډېر زيات مماسي تشنج دمستطيلي مقطع دسور (b)ضلعې په نيمايې اوږدوالي يعنې

دAاو Bپه نقطو کې منځته راځي(19.5- شکل) اودلاندیني فورمول له مخې ټاکل کېږي: $\tau_{max} = \frac{M_T}{a\,.\,b\,.\,h^2}$

پدې فورمول کې:b-دمستطیل سوردې h-دمستطیل لوړوالي. a- لنډه ضلعه دمستطیل ،α-یوضریب دې چې(h < b)څخه اود $\frac{b}{h}$ نسبت پورې اړه لري .



19.5- شکل:دمستطیلي مقطع لرونکې مقطعې تاویدنه اودمماسي تشنجاتووېش

دمیلې په اوږدوالي(L)کې دتاویدنې زاویه ددې فورمول له مخې ټاکل کېږي: $\varphi = \frac{M_T\,.\,L}{G\,.\,\beta\,.\,b\,.\,h^3}$

α:ثابت ضریب دی چې دجدول څخه په لاس راځي.

β : یوضریب دی چې دجدول له مخې ټاکل کېږي.

γ:یوضریب دې چې دلنډې ضلعې په منځ کې تشنج τ_2 داوږدې ضلعې په منځ کې τ_{max} څومره برخه ده.

په(14.5- شکل) کې دلنډ محورله پاسه دمماسي تشنجاتو دوېش اودهغې سره ورته داوږدې ضلعې په امتداد کې او همدارنګه داوږد محور لپاسه اودهغې سره ورته دلنډې ضلعې په امتدادکې اوقطر لپاسه دځینو نقطولپاره دتشنجاتووېش ورکړل شویدې.

دمقطعې په هغو برخو کې چې داړخونو سره نږدې واقع دې، مماسي تشنجات داړخونوسره موازې لوری لري . اودمستطیل په زاویو کې یې قیمت صفر دې او هر څومره چې ضلعې منځته نږدې کېږي قیمت یې لوی کېږي.0 = γ او$\alpha = \beta = 1/3$

قيمت په هغه حالت کې کارول کېږي چې دمقطعې پنډوالې دهغې دسورپه نسبت کوچنی وي ، نو په هغه حالت کې به فورمول لاندینی شکل ځانته غوره کړي :

$$\tau_{max} = \frac{M_T}{1/3 \ b.\ h^2}$$

اودتاویدنې زاویه :

$$\varphi = \frac{M_T .\ L}{1/3 \ G.\ b.\ h^3}$$

دمستطیلي مقطعې لرونکې میلې په تاویدنه کې له مماسي تشنجاتو سربیره، امتدادي نارملي تشنجات هم منځته راځي.

یواځې په هغه حالت کې نشته دي چې ټوله عرضي مقطع یوډول دشکل بدلون حاصل کړي.کچېرې دبارونې شرایط داسې وي، چې په ګاونډیو مقطعو کې دشکل بدلون مختلف وي ، نوهغه دامتدادي انساجو اوږدیدنه حاصلوي اوامتدادې نارملي تشنج پکې ښکاره کېږي.

دهغومیلوپه تاویدنه کې چې مقطع یې ترکیبې وي ، په تاویدنه کې دټولي میلې شخې تقریباً دبیلابیلو مستطیلونو دشخیو له مجموعې سره برابره ده اودټولې مقطعې انرشیایې مومنټ دلاندینۍ افادې څخه لاسته راځي :

$$\mathcal{J}_d = 1/3 \ .\delta \sum b.\ h^3$$

δ– یوتجروبوي ضریب دې چې قیمت یې له جدول څخه اخیستل کېږي.

پدې ډول ددې میلې لپاره دتاویدنې زاویه په لاندې ډول ټاکل کېږي: $\varphi = \frac{M_T.\ L}{G.\ \mathcal{J}_d}$

دلته: $G.\ \mathcal{J}_d$ – دمیلې په تاویدنه کې دموادو شخې ده .په هره یوه ورقه کې دتشنجاتو دټاکنې لپاره دټولې مقطعې شخې پیداکوو

اوهمدارنګه دفورمول له مخې دهرې یوې ورقې شخې لاسته راوړو:

$$G.\ \mathcal{J}_d = \frac{\delta}{3} \ .b_i.h_i^3$$

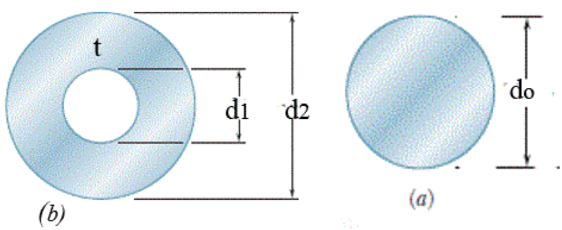
دلته:bi اوhi دورقيې دهرې يوې کيفي (i)مقطعي ابعاد دي، چې hi تل کوچنی قيمت لري.اوس دلته هغه اټکل کاروو کوم چې هره يوه ورقه په تاويدنه کې ديوډول زاويې له مخې دوران مومي: $\varphi_i = \frac{M_{T_i}.\ L}{G.\ \mathcal{J}_{d_i}}$ – دلته په ميله باندې نامعلوم مومنټ دې چې

دتاويدنې مومنټ يوه برخه جوړوي او د i ورقو له پاره ټاکل کېږي اودهغه لپاره لومړي د φ_i زاويه اوبيا φزاويه ټاکوپه لاس راوړو چې: $M_i = \frac{G.\ \mathcal{J}_{di}}{G.\ \mathcal{J}_d}.M_T$ اودټولوورقومجموعه دتاويدنې مومنټ دې: $M_T = M_1 + M_2 + \cdots M_n$ دتاويدنې مومنټ له ټاکنې وروسته ډېر زيات مماسي تشنجات پيدا کوو،چې ډېرې پنډې مستطيلي ورقې په نيمايي کې ځای لري.,[2], [5], [4]

1.مثال: دوه ميلې چې ديوې منځ خالي d_2 په قطر او بله يې ډکه d_0 په قطر(20.5–شکل)مطابق،تاوونکې مومنټ دM_T=1200 N.m مقدار سره ليږدوي. که مماسي مجازي تشنج يې$[\tau]$=40Mpa اودارتجاعيت مودول دميلو په تاوولو کې 78 Gpaوي قطرونه دميلو دمحکم والي او شخي له شرايطوپيدا کړې که $[\theta] = (75\ ^\circ/_m)(\pi \frac{rad}{180})$وي اوt=0,1d2 وي[2].

$$\mathcal{J}_x + \mathcal{J}_y = \mathcal{J}_\rho = 2\mathcal{J}_x => \mathcal{J}_x = {}^{\mathcal{J}_\rho}/_2$$

$$W_\rho = \frac{\mathcal{J}_\rho}{\rho} = \frac{2\mathcal{J}_x}{y_{max}} = 2.\frac{\pi D^4}{64\ .\ {}^D/_2} = \frac{\pi D^3}{16} = W_\rho$$



20.5:شکل

حل: دډکې ميلې قطر دمحکم والي له شرايطوپيداکوو: $\tau_{max} = \frac{M_T}{W_\rho} = \frac{M_T}{\pi\frac{{d_\circ}^3}{16}} \le [\tau]$

$$d_\circ = \sqrt[3]{\frac{16 \, . M_T}{\pi \, . \, [\tau]}} = \sqrt[3]{\frac{16 \, . \, 1200}{3{,}14 \, . \, 40 \, . \, 10^6}} = 0{,}0535m = 53{,}5mm$$

اودډکې میلې قطر دشخې له شرایطو:

$$M_x = G \, . \frac{d\varphi}{dx} \, . \mathcal{J}_\rho => \theta = \frac{M_x}{G \, . \, \mathcal{J}_\rho} \leq [\theta] => \mathcal{J}_\rho = \frac{M_x}{G . [\theta]}$$

$$= \frac{1200}{(78 \text{ Gpa})(75 \, {}^\circ\!/_{m})(\pi \frac{rad}{180})} = 1175 \, . 10^{-9} m^4$$

له بلې خوا:

$$\mathcal{J}_\rho = \frac{\pi \, . \, d_\circ^4}{32} => d_\circ^4 = \frac{32 \, . \, \mathcal{J}_\rho}{\pi} => d_\circ = \sqrt[4]{\frac{32(1175 \, . \, 10^{-9})}{3{,}14}} = 0{,}0588m = 58{,}8mm$$

دخاطر جمعي په خاطر یاداطمینان لپاره له پورته پیداشووقطرونو څخه یې لوی قطر انتخابوو.دمنځ خالي میلې قطر دمحکم والي له شرایطو: $d_1 = d_2 - 2t = d_2 - 2(0{,}1d_2) = 0{,}8d_2$

$$\mathcal{J}_\rho = \frac{\pi}{32}\left(d_2^4 - d_1^4\right) = \frac{\pi}{32}\left[d_2^4 - (0{,}8d_2)^4\right] = 0{,}05796 d_2^4$$

$$w_\rho = \mathcal{J}\rho /_{\rho_{max}} \, , \qquad \tau = \frac{M . \frac{d_2}{2}}{\mathcal{J}\rho} = \frac{M \frac{d_2}{2}}{0{,}05796 d_2^4} = \frac{M}{0{,}1159 d_2^3} \leq [\tau] \, ,$$

$$d_2 = \sqrt[3]{\frac{M}{0{,}1159[\tau]}} = \sqrt[3]{\frac{1200}{0{,}1159 \, . \, 40}} = 0{,}0637m = 63{,}7mm$$

دمنځ خالي میلې قطر دشخې له شرایطو:

$$[\theta] = \frac{M}{G \, . \, \mathcal{J}_\rho} = \frac{M}{G \, . \left(0{,}05796 d_2^4\right)} =>$$

$$d_2^4 = \frac{M}{0{,}05796 \, . \, G \, . [\theta]} = \frac{1200}{(0{,}05796)(78)(75 \, {}^\circ\!/_{m})\left(\pi \frac{rad}{180}\right)}$$

$$= 20{,}28 \, . 10^{-6} m^4$$

له پورته معادلې څخه : $d_2 = 0{,}671mm$

په تاویدنه کې دشمېرنې معادلې:

په تاویدنه کې دوال دمحکم والي دټاکنې لپاره دشمېرنې فورمول پدې ډول لاسته راوړو:

$$\tau_{max} = \frac{(Mx)max = M_T}{W_\rho} \leq [\tau]$$

دلته:$[\tau]$ – مجازي مماسي تشنج دې،یا په بل عبارت سره ددې لپاره چې وال په محکم والي کې کنترول شي باید ډېر زیات تشنج ددې حد نه تېرى ونه کړي. دمجازي تشنج دغه قیمت په کشش کې دمجازي قیمت څخه د(0,6–0,5)پورې منل کیږې.که چېرې دوال ابعاد اود مجازي تشنج قیمت معلوم وي، نوکولی شو چې دتاویدنې مومنټ پیدا کړو:

$$M\rho_x \leq [\tau].W_\rho$$

دوال دمقطع په انتخاب کې دمقطعې ابعاد په لاندې ډول ټاکل کیږي: $W_\rho \geq \frac{M_T}{[\tau]}$

په پورتنې فورمول که چېرې ($W_\rho = \pi\, d^3/_{16} = 0,2d^3$)سره وي نوپلاس راوړو چې :

$$0,2d^3 \geq \frac{M_T}{[\tau]} => d \geq \sqrt[3]{\frac{M_T}{0,2\,[\tau]}} = 1,72\sqrt[3]{\frac{M_T}{[\tau]}}$$

دوال په تاوولو کې معمولاًمومنټ پرځای طاقت هم کارول کیږي په لاس راوړو چې:

$$M_T = 716,2\frac{N}{n}\,Kg.m = 71620\frac{N}{n}\,Kg\,cm$$

دوال قطر:.= $d \geq 1,72\sqrt[3]{\frac{71620\,.\,N}{n\,.\,[\tau]}}$ <= $d \geq 1,72\sqrt[3]{\frac{N}{n\,.\,[\tau]}}$.

دوال دمحکموالي دکنترول څخه وروسته دوال دشخي کنترولو ،یعنې په یوه متر کې دتاوولو زاویه پیداکوو:

$$\varphi = \frac{M_T\,.\,100\,.\,180}{G\,.\,\mathcal{J}_\rho.\,\pi} \qquad , \qquad \mathcal{J}_\rho \geq \frac{18000\,.\,M_T}{G\,.\,\pi\,.\,[\varphi]}$$

دپنډوال لپاره دانرشيايي مومنټ : $\mathcal{J}_\rho = \frac{\pi d^4}{32} \geq \frac{18000 \,.\, M_T}{G \,.\, \pi \,.\, [\varphi]}$ نولدي ځايه :

$$d \geq 15{,}3 \sqrt[4]{\frac{71620 \,.\, N}{n \,.\, G \,.\, [\varphi]}} = 250 \,.\, \sqrt{\frac{N}{\pi \,.\, G \,.\, [\varphi]}}$$

اويا $d \geq \sqrt[4]{\frac{18000 . M_T . 32}{G \,.\, \pi^2 \,.\, [\varphi]}} = 15{,}3 \sqrt[3]{\frac{M_T}{\pi \,.\, G \,.\, [\varphi]}}$

پورتني افادې دوال دقطر دپيداکو لو زمينه برابره وي، نوځکه دمحکموالي دکنترول دوه شمېرني شته دی، اوله دمحکموالي دشرط اوبله دشخي دشرط له مخې.په پورته فورمولونوکې-n- مقدارياشمېره ددوران اويا دوراني سرعت دې . -N توان يا طاقت دموتوردې.

که چېرې يوه ميله چې ديوه موتور سره نښليدلي وي په يوه دقيقه کې nځلې دوران وکړي ، د دوران زاويه په يوه ثانيه کې درادیان له مخې پيداکېږي: $\frac{2\pi . n}{60} = \frac{\pi \,.\, n}{30}$

اوددوران مومنټ دميلې دطاقت يا توان له مخې: $M = \frac{30N}{\pi \,.\, n}$

اوکه توان دموتورNپه کيلو واټ ورکړی شويوی نودوراني مومنټ :

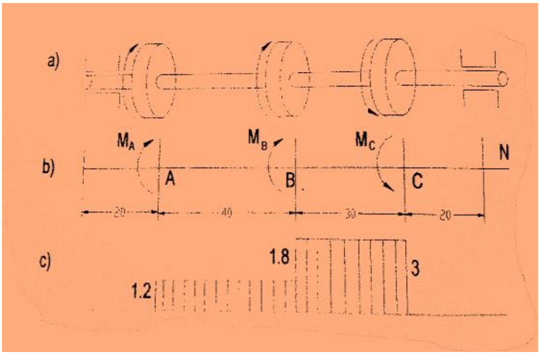
$$M = \frac{30 \,.\, 1000 \,.\, N}{\pi \,.\, n} => M = 9550 \, {}^{N}/_{n}$$

. [3]

2.مثال: دحرکت ورکوونکې فولادې وال(5.21- شکل)قطرپيداکړئ ،که چېرې دوال پاسه درې څرخونه وي ،چې لومړني دوه څرخونه يې دکاري ماشينونو سره نښتي دې اودريم څرخ يې له موتور سره نښتي دې.

ددې لپاره چې کاري ماشينونه په حرکت راشي بايد دکاري ماشين دمقاومت څخه مومنټ لېري کړی شي.که

$M_A = 1{,}2 KN.m$ او $M_B = 1{,}8 KN.m$ وي چې د M_c دحرکت ورکوونکې څرخ په مرسته واقع کېږي پيدا اودتاوونکې مومنټ دیاګرام رسم کړئ اوهم د وال قطرپه لاس راوړی که چېرې مجازي تشنج $80\frac{KN}{m^2}$= [τ] وي[2].



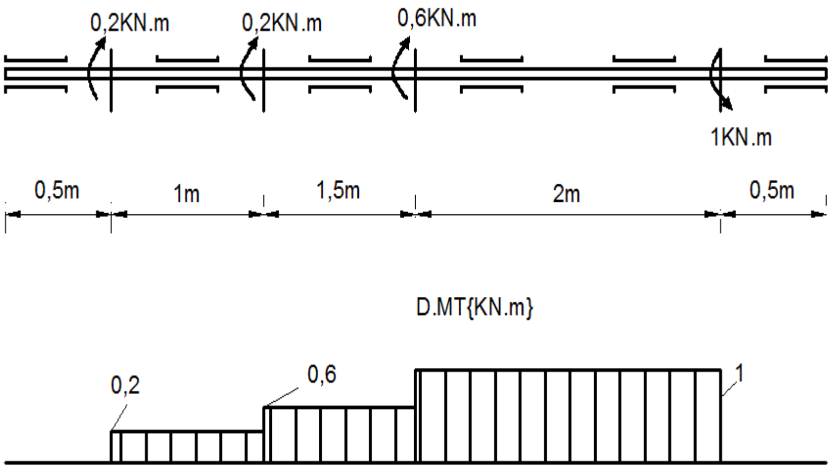
21.5 –شکل:دخرخونو وال

حل: دحرکت ورکوونکي څرخ په ځاي په وال باندي واقع شوی مومنټ باید دټولو مقاومت کوونکو مومنټونو دمجموعي سره برابره وي: $Mc=M_A+M_B=1,2+1,8=3KN\ .\ m$
دلاسته راغلو قیمتونوله مخي دتاوونکو مومنټونو دیاګرام کاږو.د M_A په برخه دتاوونکي مومنټ قیمت صفر دي ، دABپه برخه کيM=−1,2KN.m .
دمقطعي په کینه خوا کي چي په همدي برخه کي نیول شوي دي دټولو مومنټونومجموعه باید دM_A سره برابره وي ، دBCپه برخه کي تاوونکی مومنټ د M_A+M_B سره برابر دي اودCNپه برخه کي دنیول شوي مقطعي په کینه خواکي دټولو مومنټونودمجموعی سره چي صفرکېږي برابر دي: $M_A+M_B-M_C=0$ دکښل شوي دیاګرام له مخي ډېر زیات مومنټ را اخلو اودهغي په مرسته دوال قطر پیدا کوو :

$$d = \sqrt[3]{\frac{M_T}{0,2\ [\tau]}} = \sqrt[3]{\frac{3.10^3}{0,2\ .\ 80\ .\ 10^3}} = 0,0573m = 5,73cm$$

3.مثال: دیوه وال لپاره چي په (22.5–شکل) کي ترسیم شوی دی دمومنټونو دیاګرام وکاږي اوقطر یي وشمېري، که چېري دموادو بې ځایه کیدني مودول یي $G = 8\ .\ 10^4KN/m^2$ اومجازي مـــــــــاسي تشنج یي $[\tau] = 40KN/m^2$وي[2].
حل: دتاوونکو مومنټونو دیاګرام په لاندي شکل کي ورکړل شوی دی ،دوال قطر دفورمول له مخي پیدا کوو:

$$d = \sqrt[3]{\frac{M_T}{0,2\,[\tau]}} = \sqrt[3]{\frac{1}{0,2\,.\,40\,.\,10^3}} = d = 0,5m = 500mm$$



22.5– شکل:وال دمومنټونوتراغېزې لاندې اودتاوونکومومنټونودياګرام

دتاوونکي زاويې دټاکنې لپاره لومړی دمقطعې قطبي انرشيايئ مومنټ پيدا کوو:

$$\mathcal{J}_\rho = \frac{\pi\, D^4}{32} \cong 0,1d^4 = 0,1D^4$$

دتاوونکي زاويې دشدت ډېروالي دM_2اوM_1 برخو په منځ کې پيښيږي . دا برخې دتاوونکي زاويې لپاره چې ديومتر اوږدوالي له پاسه جوړيږي په لاس راوړو چې :

$$\varphi_{im} = \frac{180^\circ}{\pi} x \frac{M_T\,.\,L}{0,1\,.\,\varphi\,.\,G} = \frac{180^\circ.1\,.\,1}{3,14\,.\;0,1\,\left(\frac{1}{4}\right)^\circ 8\,.\,10^7} = 2860\,.\,10^{-8}m^4$$

$$= 2860cm^4$$

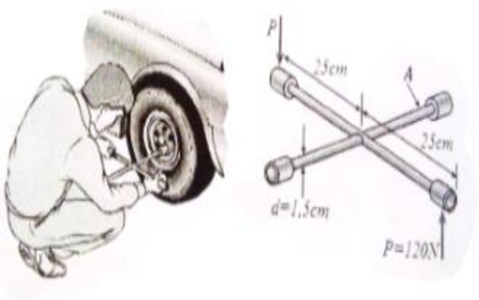
دغه رنګه زاويه مجازې نده ، ددې لپاره چې قيمت يې لږشي بايد دوال قطر کم شي اوس دوال داسې قطر پيداکوو چې په هغې کې تاوونکې زاويه چې د 1m شخه تېرېږي $\left(\frac{1}{4}\right)^\circ$ شخه لوی نه شي، په فورمول کې ($\mathcal{J}_\rho$) ځای $0,1D^4$ اودφ پرځای d^4 وضع کوو په لاس راوړو چې:

$$d^4 = \frac{180}{\pi} \cdot \frac{M_T \cdot L}{0,1 \cdot \varphi \cdot G} = \frac{180^\circ \cdot 1 \cdot 1}{3,14 \cdot 0,1 \left(\frac{1}{4}\right)^\circ 8 \cdot 10^7} = 2860 \cdot 10^{-8} m^4$$

$$= 2860 cm^4 \quad , \qquad d = 7,3 cm$$

4.مثال: یوموټروان دخپل موټر دټایر دبدلولو لپاره دڅلورومیلولرونکې رینج د(23.5 -شکل) مطابق ، په دووخواوو P=120N قوه وارده وي.که دڅلوروڅانګورینج دبازو فاصله یاپه بل ډول له مرکز څخه دهرې میلې فاصله 25cm او قطر یې d=1,5cm ، دارتجاعیت مودول یې $G = 0,8 \cdot 10^5$ Mpa وي . نود A په نقطه کې اعظمي مماسي تشنجات اوتاوونکې زاویه پیداکړئ [2]

حل: دجوړه دقوو(کوپل) له طریقې دتاوونکی مومنټ مقدارپیداکوو او ورسته یې دفورمول پواسطه مماسي تشنجات اوتاوونکې زاویه پیداکوو .



23.5–شکل

M=P(0,25+0,25)=120 . 0,5=60N.m:

$$\tau_{max} = \frac{M}{W_\rho} = \frac{M}{\frac{\pi d^3}{16}} = 90 Mpa$$

$$\varphi = \frac{M \cdot L}{G \cdot \mathcal{J}_\rho} = \frac{(60N.m).(0,25m)}{(0,8 \cdot 10^5 Mpa).\frac{3,14(0,015m)^4}{32}} = 0,03826 rad = 2,19^\circ$$

5.مثال: په کوم مقدار تاوونکی خارجي مومنټ پکار دې ،تر څوپه یوه منځ خالي میله باندې عمل وکړي اومماسي تشنجات (غوڅونکې مماسي تشنجات) چې دمومنټ له اغېزې په میله کې پیداکېږي له 120Mpaڅخه لوی نه وي [2].

حل: دتاوونکی مومنټ مقدار دمماسي تشنجاتو له طريقې څخه مساوي دې په :

$$\tau = \frac{M_T}{W_\rho} => M_T = \tau \times W_\rho$$

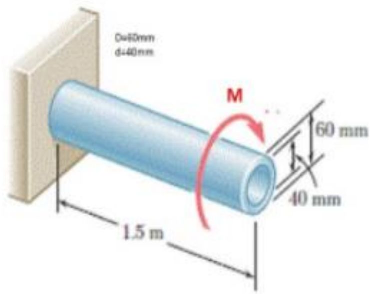
دلته : W_ρ – دمینځ خالی میلې یا حلقې دمومنټ مقاومت دې.

$$W_\rho = \frac{\mathcal{J}_\rho}{\frac{D}{2}}$$

دحلقې دانرشیا مومنټ مساوي دی په :

$$\mathcal{J}_\rho = \frac{\pi}{2}\left(\frac{D^4}{2} - \frac{d^4}{2}\right) = \pi/_2\,(0{,}03^4 - 0{,}02^4) => \mathcal{J}_\rho = 1{,}021\,.\,10^{-6}m^4$$

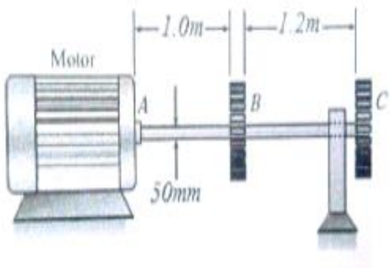
$$M_T = \frac{1{,}021\,.\;10^{-6}(120\,.\;10^6)}{0{,}03}$$
$$= 4{,}08KN.m$$



شکل–24.5

6 .مثال: یوه شافت ډوله میله دABC چې 50mm قطر لري دیوه موټور چې تولیدې توان یې 50KW او10HZ په فریکونسې سره دوران کوي د(شکل–25.5)

، دBګرارۍ مقدار دتوان 35KWاودCګرارۍ مقدار دتوان 15KW لیږدوي .دموتور اوCګرارۍ ترمنځ ددوران زاویه او داعظمي مماسي یا غوڅونکوتشنجاتو مقدار دمیلې له پاسه پیدا کړئ[2].



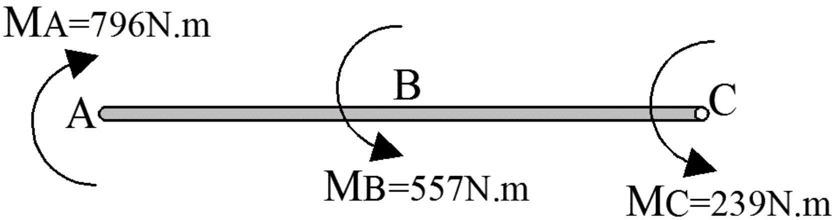
شکل–25.5

حل : په موتور اوګراریو کې د دوراني مومنټ مقدار ټاکو:

$$M_A = \frac{N}{2\pi f} = \frac{50KW}{2\pi(10HZ)} = 796N.m$$

$$M_B = \frac{N}{2\pi f} = \frac{35KW}{2\pi(10HZ)} = 557N.m$$

$$M_C = \frac{N}{2\pi f} = \frac{15KW}{2\pi(10HZ)} = 239N.m$$



26.5 -شکل

دAB او BC په برخوکې دوارد شوي مومنټ مقدار په لاندې ډول دي:

$$M_{AB} = 796N.m \ , M_{BC} = 239N.m$$

تاوونکې زاویه اودتشنجاتو مقدار په لاندې ډول پیدا کوو :

$$\tau_{AB} = \frac{16M_{AB}}{\pi \,.\, d^3} = \frac{16(796\ N.m)}{3{,}14\ .\ (50mm)^3} = 32{,}4Mpa$$

$$\varphi_{AB} = \frac{M_{AB}\ .\ L_{AB}}{G\ .\ \mathcal{J}_\rho} = \frac{(796N.m)\ x\ \ 1m}{80\ Gpa(\frac{\pi}{2})(50mm)^4} = 0{,}0162rad$$

دBCبرخې لپاره :

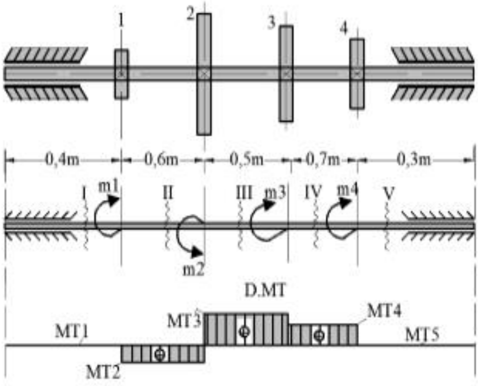
$$\tau_{BC} = \frac{16M_{BC}}{\pi \,.\, d^3} = \frac{16(239\ N.m)}{3{,}14\ .\ (50mm)^3} = 9{,}7Mpa$$

$$\varphi_{BC} = \frac{M_{BC} \cdot L_{BC}}{G \cdot \mathcal{J}_\rho} = \frac{(239N.m) \times 1{,}2m}{80\ Gpa(\frac{\pi}{2})(50mm)^4} = 0{,}0058rad$$

اعظمي مقدار دتشنجاتو 32,4Mpa دي اودمجموعي د دوران زاويې مقدار دموتور اودC ګرارۍ ترمنځ مساوي دي په :

$$\varphi = \varphi_{AB} + \varphi_{BC} = 0{,}0162\ rad + 0{,}0058rad \Rightarrow \varphi = 0{,}022rad = 1{,}26^\circ$$

7.مثال: يوه فولادي شافت ډوله ميله چې ځلور ګرارۍ ورپورې نصب شوي دي (27.5–شکل) مطابق ، دوراني سرعت دګراريو n=196RPM دي . په هغه صورت کې چې توان يې :N1=20KW ، N2=75KW ، N3=30KW ، N4=25KW وي،مجاز ي مماسي تشنج يې $= [\tau]$ 40Mpaدي. دتاوونکی مومنټ دياګرام رسم کړي او دضرورت وړ قطر دشافت ډوله ميلې پيدا کړئ[2].



27.5–شکل

حل: لومړي مقدار دهغې ددوراني مومنټونوپيدا کوو، چې هره يوه ګرارۍ يې په شافت ډوله ميله باندې وارده وي اودا مقدار دمومنټ دتوان دهرې ګرارۍ له طريقې څخه په لاندې ډول پيداکوو، فورمول لروچې:

$$M = 9550\,{}^{N}\!/_{n}$$

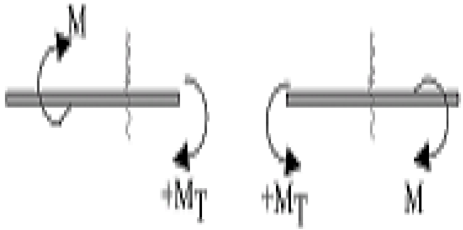
$$M_1 = 9550\frac{N_1}{n} = 9550\frac{20}{196} = 970\ N.m$$

$$M_2 = 9550\frac{N_2}{n} = 9550\frac{75}{196} = 3650\ N.m$$

$$M_3 = 9550\frac{N_3}{n} = 9550\frac{30}{196} = 1460N.m$$

$$M_4 = 9550\frac{N_4}{n} = 9550\frac{25}{196} = 1220N.m$$

په دوهم قدم کې محاسبوي شېما يې رسموو اودا به قبوله کړو چې دوهمه ګرارۍ مومنټ يا توان له منبع اخلي اونورو ګراريو اوميلو ته يې رسوي ، نوددوهمې ګراري جهت اولوري دنورو ګراريو خلاف دي . دغوڅې طريقې څخه په ګټه اخيستنه تاوونکې داخلي مومنټونه يې پيداکوو او دهغې دياګرام رسمواودتاوونکې مومنټ علامه يې نظر دغوڅونې لوري ته (28.5 –شکل)مطابق قبلوو:



28.5–شکل

$$I - I \;\; M_{T1} = 0$$
$$II - II \;\; M_{T2} = -M_1 = -970N.m$$
$$III - III \;\; M_1 - M_2 + M_{T3} = 0 => M_{T3} = M_2 - M_1 = 2680\ N.m$$

$$IV - IV\ M_1 - M_2 + M_3 + M_{T4} = 0 => M_{T4} = M_2 - M_1 - M_3 = 1220N.m$$
$$V - V \;\; M_1 - M_2 + M_3 + M_4 + M_{T5} = 0 => M_{T5} = 0$$

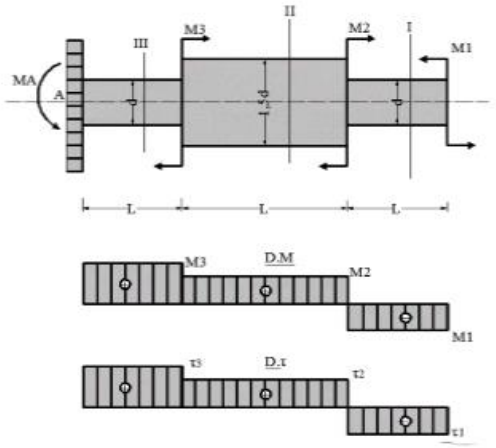
دشافت ډوله ميلې قطر دمحکم والي له شرايطو چې مماسي مجازي تشنج اودقطبې مقاومت مومنټ په نظر کې ونيسو پيدا کوو:

$$\tau = \frac{|M_T max|}{W_\rho} \le [\tau] => W_\rho = \frac{|M_T max|}{[\tau]} \;\; , W_\rho = \frac{\mathcal{J}_\rho}{\frac{d}{2}} = \frac{\frac{\pi d^4}{32}}{\frac{d}{2}} = \frac{\pi d^3}{16} \approx 0{,}2d^3$$

$$0,2d^3 = \frac{|M_T max|}{[\tau]} = \frac{2680}{40\,.\;10^6} = 67\,.10^{-6} = 67cm^2\,,$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{W_\rho}{0,2}} = \sqrt[3]{\frac{67}{0,2}} = 6,95cm \approx 7cm$$

یادونه :دازمایښت لپاره له ښي خوا مومنټ نیسو لیدل کېږي چې $M_{T5} = 0$ دي.اوورسته یې دیاګرام رسموو.



29.5–شکل

8مثال : یوه میله چې عرضي مقطع یې دایروي وي، یوسر یې ازاد اوبل سر یې ډېر سخت نیښتي دي دهغې لپاسه تاوونکی مومنټونه $M_1 =$ 200N.m، $M_2 =$ 200N.m، $M_3 =$ 600N.m عمل کړي دي.(29.5 –شکل)، په هغه صورت کې چې$= [\tau]$ 120Mpa وي، دداخلي تاوونکو مومنټونو دیاګرام رسم اوقطر دمیلې پیداکړي].

حل:پوهیږوچې یوه ثابته اتکأ موجوده ده هغه پیداکوو:

$$\sum M_A = 0$$

$$M_A - M_3 - M_2 + M_1 = 0$$

$$M_A = M_3 + M_2 - M_1 = 200 + 600 - 200 =>$$

$$M_A = 600\ N.m$$

$$I - I\ \ M_{T1} + M_1 = 0\ \ ,\ \ M_{T1} = M_1 = -200N.m$$

$$II - II\ \ \ M_{T2} + M_1 - M_2 = 0\,,\ \ \ \ \ \ M_{T2} = 400N.m$$

$$III - III\ M_{T2} +\ M_1 - M_2 - M_3 = 0 => M_{T3} = 600\ N.m$$

له کینې خوا:

$$M_{T3} - M_A = 0$$

$$M_{T3} = M_A = 600\ N.m$$

اوس اول دمحکیمت له شرایطو قطر دمیلې اووروسته تشنجونه په مقاطعو کې پیداکوو :

$$\tau = \frac{|M_T max|}{W_\rho} \le [\tau] => W_\rho \ge \frac{|M_T max|}{[\tau]} => \frac{\pi d^3}{16} \ge \frac{|M_T max|}{[\tau]} =>$$

$$d \ge \sqrt[3]{\frac{16|M_T max|}{\pi.[\tau]}} = \sqrt[3]{\frac{16\ .\ 600}{3{,}14\ .100\ .\ 10^6}} = 0{,}03m = 3cm\ :$$

$$\tau_1 = \frac{M_{T1}}{W_\rho} = \frac{-200}{5{,}2\ .\ 10^{-6}} = -38{,}46Mpa\ \ \tau_2 = \frac{M_{T2}}{W_\rho} = \frac{400}{5{,}2\ .\ 10^{-6}}$$

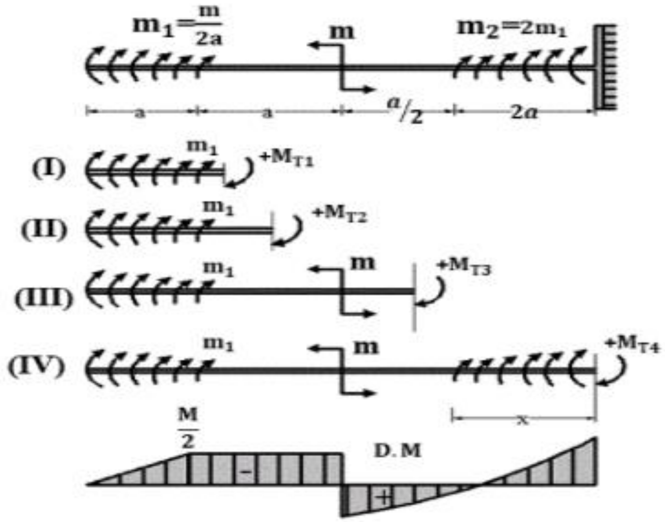
$$= 76{,}9Mpa\ , \tau_3 = \frac{M_{T3}}{W_\rho} = \frac{600}{5{,}2\ .\ 10^{-6}} = 115{,}3Mpa$$

څرنګه چې $\tau \le [\tau]$ څخه دې نو دواردشوو بارو په مقابل کې دمیلې محکمیت تامین دې .

$$W_\rho = \frac{\mathcal{J}_\rho}{\frac{d}{2}} = \frac{\frac{\pi d^4}{32}}{\frac{d}{2}} = \frac{\pi d^3}{16} = \frac{3{,}14\ .\ 27}{16} = 5{,}2\ cm^3$$

9.مثال: یوه میله چې یوسر یې تړلی اونښتي دی اوبل سر یې آزاد دی ، دتاوونکی وېشلي متغیر مومنټ اوتاوونکی وېشلي ثابت مومنټ اوهمدارنګه دمرکزي مومنټ تراغېزې هم راغلی دې (30.5–شکل).دتاوونکی یادوراني داخلي مومنټ دیاګرام رسم کړي ؟[2].

که چیرې : $q = \frac{ddy}{dx}$ او $Qy = \frac{dmz}{dx}$ وي؟



30.5–شکل

$$I-I \quad M_{T1}+m_1x_1=0 \Rightarrow M_{T1}=-m_1x_1 \; : \quad 0\le X\le a$$

$$X=0 \Rightarrow M_{T1}=0\,, \qquad X=a \Rightarrow M_{T1}=-m_1.a=\frac{-m\,.\,a}{2a}=-\frac{m}{2}$$

$$II-II \quad M_{T2}=-m_1\,.a \Rightarrow \frac{-m\,.\,a}{2a}=-\frac{m}{2}$$

$$III-III \quad M_{T3}+m_1\,.a-m=0 \Rightarrow M_{T3}=-m_1\,.a+m=\frac{-m\,.\,a}{2a}+m=\frac{m}{2}$$

$$IV-IV \quad M_{T4}+m_1\,.a-m+\int_0^x\frac{2m_1}{2a}\,.\,x.dx=0$$

$$M_{T4}=-m_1\,.a+m-\int_0^x\frac{2m_1}{2a}\,.\,x.dx \Rightarrow \frac{-m\,.\,a}{2a}+m-\frac{2m_1}{2a}\int_0^x x.dx \Rightarrow$$

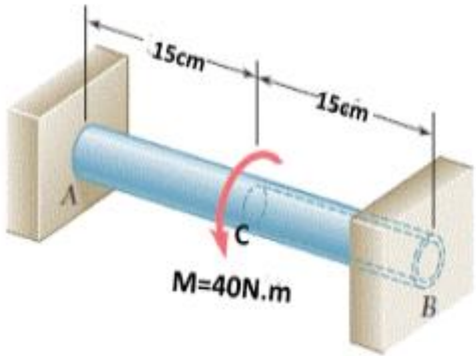
$$M_{T4}=-{}^{m}/_{2}+m-\frac{\frac{2m}{2a}}{2a}\int_0^x x\,dx=-{}^{m}/_{2}+m-\frac{m}{2a^2}\,.{}^{x^2}/_{2}\Big|_0^{2a} \Rightarrow 0\le X\le 2a$$

$$X=0\ ,M_{T4}=\frac{m}{2} \qquad , \qquad X=2a\ ,\ M_{T4}=-\frac{m}{2}$$

دپورته محاسبه شویوقیمتوله مخې دتاوونکوداخلي مومنټونودیاګرام رسموو،دتاوونکی داخلي مومنټ مثبت قیمتونه په دیاګرام کې له صفري محورڅخه لاندې رسم شویدې چې دمسالې په حل باندې کومه آغېزه نلري.

2.5–دنامعلوموستاتيكي ميلو تاويدنه:

په عملي كارو كې داسې مشكل راپيداكېږي چې تاوونكى داخلي مومنټ له تعادلي ستاتيكي معادلوڅخه نه پيدا كېږي . اويا پر ميلو خارجي تاوونكى مومنټ واردشوى،مگر داتكايې مومنټونو څخه يې نشو پيداكولي.اويا په بله ژبه :اتكايې عكس العملونه دستاتيكي معادلو څخه نه پيداكېږي ، دا ټول سيستمونه ناټاكلي يانامعلوم سيستمونه دي .دنامعلوم (مجهول) ياعكس العملونو دپيداكولو لپاره بايد اضافي رابطې جوړې كړو اودا اضافي رابطې ډېرې دتاوونكى زاويې معادلې وي .دښې روښنتيا لپاره لاندې مثال څېړو: .[7],[2]



31.5–شكل

10.مثال: يوه فولادي شافت ډوله استواني ميله چې اوږدوالي يې30cmاوقطر يې 2cmدي،دتاوونكى خارجي مومنټ 40N.mتر اغېزې لاندې ده (31.5–شكل)

دBسر دميلې، د15cmپه اوږدوالي او1,5cmقطر، ژوروالي موجوددې . كه چېرې دواړه سرونه دميلې ثابتې اوناخوځنده اتكاوې ولري نواتكايز عكس العملونه دبهرني تاوونكى مومنټ (M)له اغېزې به په كوم مقداروي ؟ [2].

حل: دميلې محاسبوي شېما رسموو اواتكاووې په عكس العملي مومنټونو M_B او M_Aعوض كوو (32.5)شكل، اومحاسبه سرته رسوو.له بلې خواپوهېږوچې زاويې په اتكاووكې مساوي له صفر سره دى : $\varphi = \varphi_1 + \varphi_2 = 0$

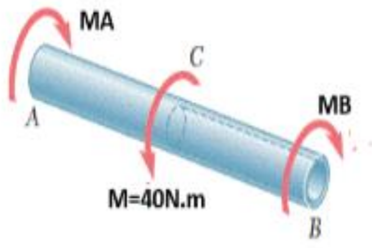
دغوڅې طريقې څخه ګټه پورته كوو اونظر(33.5–شكل) ته لاندې معادلې ليكو:

$M_{T1} = M_A \quad , \quad M_{T2} = M_B$

$$\varphi = \varphi_1 + \varphi_2 = \frac{M_{T1} \cdot L_1}{G \cdot \mathcal{J}_{\rho_1}} - \frac{M_{T2} \cdot L_2}{G \cdot \mathcal{J}_{\rho_2}} = 0$$

$$M_B = \frac{\mathcal{J}_{\rho_2} \cdot L_1 \cdot M_A}{L_2 \cdot \mathcal{J}_{\rho_1}} \quad , M_A + M_B$$

$$= 40N \cdot m$$



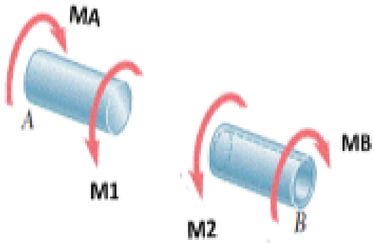
شکل–32.5

دتعادل په معادله کې د M_B قیمت عوض کوو پیدأ به کړو:

$$M_A + \frac{\mathcal{J}_{\rho_2} \cdot L_1 \cdot M_A}{L_2 \cdot \mathcal{J}_{\rho_1}} = 40N \cdot m$$

$$M_A \left(1 + \frac{\mathcal{J}_{\rho_2} \cdot L_1}{L_2 \cdot \mathcal{J}_{\rho_1}} \right) = 40N.m \Rightarrow$$

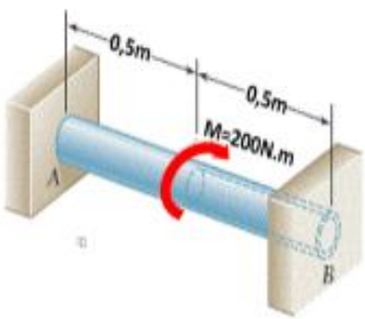
$$\frac{40N.m}{\left(1 + \frac{\mathcal{J}_{\rho_2} \cdot L_1}{L_2 \cdot \mathcal{J}_{\rho_1}}\right)} = M_A$$



شکل–33.5

همدارنگه داتکاوو عکس العملي مومنتونه پیداکولای شو.

11.مثال: یوه میله چې ثابته مقطع لري اوپه دوو اتکاوو کې محکمه تړل شویده(34.5–شکل) که$[\tau] = 100Mpa$او d=5cm وي، تاوونکی مومنټ دیاګرام اودوران زاویه یې رسم کړي ؟[2].



شکل–34.5

حل: په شکل کې ليدل کېږي چې دوې ثابتې اتکاووې موجودې دې اوهره يوه يې داتکايي مومنټ درلودونکې ده ، چې دخارجي مومنټ Mدميلې ددوران مانع کېږي:

$$\sum M = 0 => M_A - M + M_B = 0$$

څرنګه چې يوه معادله اودوه مجهوله موجود دی بنأ پردې يوه اضافي معادله تشکيلوو،اودامعادله دميلې ددوران زاويه دM له اغېزې ده .

لومړي داتکا يوه خوا لرې کوو اوعکس العمل يې په پام کې نيسو . پوهيږو چې دA په نقطه کې ددوران زاويه دM له اغېزې اودM_A مومنټ له صفرسره مساوي دې .$\varphi_A =$ $\varphi_{A1} + \varphi_{A2} = 0$ ، φ_{A1} د M_A له اغېزې او φ_{A2} د M له اغېزې منځته راځي.

$$\varphi_{A1} = -\frac{M_A \cdot L}{G \cdot \mathcal{J}_s} = -\frac{M_A(a+b)}{G \cdot \mathcal{J}_s} \quad , \quad \varphi_{A2} = \frac{M \cdot b}{G \cdot \mathcal{J}_s}$$

له پورته معادلوڅخه ليکو چې:

$$-\frac{M_A(a+b)}{G \cdot \mathcal{J}_s} + \frac{M \cdot b}{G \cdot \mathcal{J}_s} = 0 => M_A = \frac{M \cdot b}{a+b} = \frac{M \cdot b}{L}$$

$$= \frac{(200N.m).(0{,}5m)}{1m} = 100N.m$$

$$M_B = M - M_A = 200 - 100 = 100\ N.m$$

دداخلي مومنټونو مقدارپه غوڅو کې پيداکوو اووروسته يې دياګرام رسموو:-

$$I - I \quad M_1 = M_A = 100\ N.m$$

$$II - II \quad M_2 - M_A + M = 0 => \ M_2 = \ M_A - M = -100\ N.m$$

د دوران زاويه يې:-

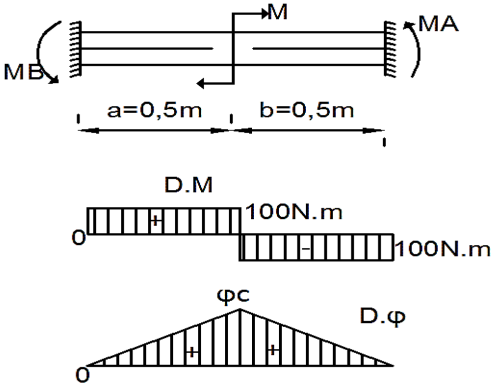
$$\varphi_x = \frac{M \cdot X}{E \cdot \mathcal{J}_s} \quad , \quad \varphi_x = \frac{M_A \cdot X}{E \cdot \mathcal{J}_s} \quad ; \quad X = 0 => \varphi_x = \varphi_A = 0 \ \ , \ X = a$$

$$=> \varphi_x = \varphi_c = \frac{M_A \cdot a}{E \cdot \mathcal{J}_s}$$

له آخيري سر څخه دوران زاويه مساوي ده په:

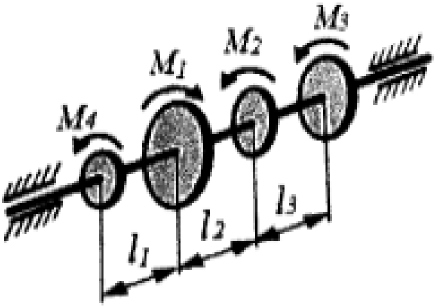
$\varphi_x = \frac{M_B \cdot X}{E \cdot \mathcal{J}_s}$; $X = 0 \Rightarrow \varphi_x = \varphi_B = 0$, $X = b \Rightarrow \varphi_x = \varphi_c = \frac{M_B \cdot b}{E \cdot \mathcal{J}_s}$

دپورته محاسبه شویو قیمتو له مخې دتاوونکی مومنټ اودوراني زاویې دیاګرام رسموو(5 .3 5 –شکل)



5 .35 –شکل

12.مثال: یوه شافت ډوله میله (ترانسمیشن)چې عرضي مقطع یې دایروي ده ،څلورځرخ ډوله ګرارۍ لري .ضروري اولاژمي توان(طاقت)یې له اولې(1)ګرارۍ څخه اخیستي اونورو ګراریو ته انتقال کېږي(36.5 –شکل). دمحکم والي له شرایطو اودشخې له شرایطوقطر دمیلې پیدا کړي ، اودتاوونکی داخلي مومنټ(M_T)، مماسي تشنجاتو اودوران دزاویې دیاګرامونه رسم کړي په هغه صورت کې چې مواددمیلې فولاد ، مودل دارتجاعیت $G=0,8.10^5$ Mpa، مجازي مماسي تشنجات $[\tau] = 40$ Mpa مجازي تاوونکی زاویه $[\theta] = 0,4\ ^{grad}/_{m}$ په ګراریو کې مصرف کوونکې انتقالي مقدار دتوان : N_2=40KW ،



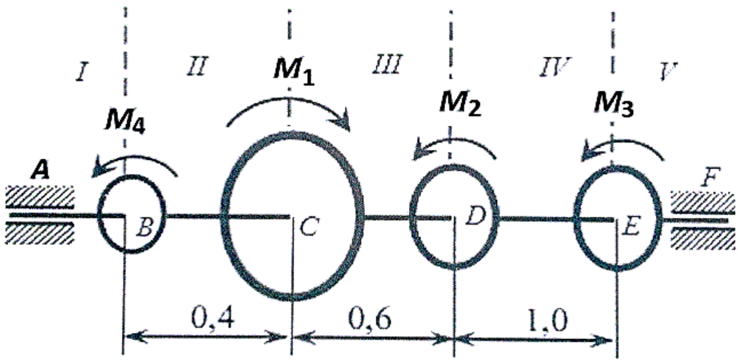
36.5–شکل

N_3=40KW، N_4=20KW په یوه دقیقه کې د دورانونو شمېره (دور في دقیقه n=300rpm) وي.داوږدوالي اندازي دمیلې L_1=0,4m، L_2=0,6m اوL_3=1m وي.[2].

حل: دمشکل دخلاصون په خاطر په لاندې ډول کړنې ترسره کوو:

اوله مرحله(1): دمیلې دټول شافت دمحاسبوي شېما اوګراریو رسمول(37.5–شکل).

له لاندې شکل ښکاره کېږي چې میله څلور ګرارۍ لري، اوله(1)شماره ګرارۍ لاژمه توان نوروته لیږدوي.



37.5 –شکل

دوهمه مرحله(2): په خوځنده ګراریوکې دتوان پیدا کول:

توان دمحرکې ګرارۍ مساوي په حاصل جمع دنورو ګراریو په توان سره دې.

$$N_1 = \sum Ni => N_1 = N_2 + N_3 + N_4 = 100K_N$$

دریمه مرحله(3): د دوراني مومنټ پیداکول په ګراریو کې، دفورمول له مخې ددوراني مومنټونو مقدار په ګراریوکې مساوي دې په:

:

$$M_1 = 9550\frac{N_1}{n} = 9550\frac{100}{300} = 3,183\ KN.m$$

$$M_2 = 9550\frac{N_2}{n} = 9550\frac{40}{300} = 1{,}273\ \text{KN.m}$$
$$M_3 = 9550\frac{N_3}{n} = 9550\frac{40}{300} = 1{,}273\text{KN.m}$$
$$M_4 = 9550\frac{N_4}{n} = 9550\frac{20}{300} = 0{,}64\text{KN.m}$$

 څلورمه مرحله (4): دمیلې په مختلفوبرخو کې دتاوونکی داخلي مومنټ پیداکول:

$\text{I} - \text{I}\ \ M_{T1} = 0$

$\text{II} - \text{II}\ \ M_{T2} = M_4 = 0{,}64\text{KN.m}$

$\text{III} - \text{III}\ \ M_{T3} = M_4 - M_1 = 0{,}64 - 3{,}183 = -2{,}543\ \text{KN.m}$

$\text{IV} - \text{IV}\ \ M_{T4} = M_4 - M_1 + M_2 = -1{,}27\text{KN.m}$

$\text{V} - \text{V}\ \ M_{T4} = M_4 - M_1 + M_2 + M_3 = 0$

پنځمه مرحله(5) : دخطرناکې مقطعې ټاکل:

خطرناکه مقطع هغه برخه دمیلې ده چې په زیات مقدار تاوونکی مومنټ هلته موجود وي . دشمېرني معلومېږي چې په دوهمه برخه(CD) کې ډېر زیات مقدا رتاوونکی مومنټ موجود دې ،نودمحکم والي محاسبه هم په دې برخه کې سرته رسوو:= τ_{max}

$$\frac{M_T max}{W_\rho} \leq [\tau]$$

دمحکم والي له شرایطواعظمي تشنجات اوخطرناك تشنجات پیدا کوو، چې لدې فورمول څخه مورډقطبې مقاومت مومنټ په لاس راوړلي شو:

$$W_\rho = \frac{M_T max}{[\tau]}$$

ددایروي مقطع لپاره قطبې مقاومت مومنټ مساوي دې په :

$$W_\rho = \frac{\pi d^3}{16} => \quad \frac{\pi d^3}{16} = \frac{M_T max}{[\tau]} =>$$

دپورته دواړو فورمولو په بنأ لیکلاي شو چې :

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{16\ .\ M_{T3}}{\pi\ .\ [\tau]}} = \sqrt[3]{\frac{16\ .\ 2{,}54\ .\ 10^3}{3{,}14\ .\ 40\ .\ 10^6}} = 0{,}068\text{m} = 86\text{mm}$$

دميلې قطر کولاې شو چې دشخې له شرايطوپه لاندې ډول پيدا کړو:

$$\theta^\circ_{max} = \frac{180^\circ}{\pi} \cdot \frac{M_{Tmax}}{G \cdot \mathcal{J}_\rho} \leq [\theta^\circ]$$

له پورته رابطې څخه قطبې انرشيايې مومنټ پيداکوو اوروسته له هغې قطر دشافت ډوله ميلې پيداکېږي :

$$\mathcal{J}_\rho = \frac{180^\circ}{\pi} \cdot \frac{M_{Tmax}}{G \cdot [\theta^\circ]}$$

له بلې خوا ددايره وي مقطع لرونکې ميلې لپاره دانرشيأ قطبې مومنټ : $\mathcal{J}_\rho = \frac{\pi d^4}{32}$

دپورته معادلو له مساوات څخه به لاندې رابطه پيداکړو: $\frac{\pi d^4}{32} = \frac{180^\circ}{\pi} \cdot \frac{M_{Tmax}}{G \cdot [\theta^\circ]}$

$$d = \sqrt[4]{\frac{32 \cdot M_{T3} \cdot 180^\circ}{\pi \cdot G \cdot [\theta^\circ] \cdot \pi}} = \sqrt[4]{\frac{32 \cdot 2{,}54 \cdot 10^3 \cdot 180^\circ}{3{,}14 \cdot 8 \cdot 10^{10} \cdot 0{,}4 \cdot 3{,}14}} = 0{,}082m$$
$$= 82mm$$

دشمېرنې څخه ښکاره شوه چې دميلې دقطر لپاره مودوه قيمتونه پيدأ کړل چې يويې دمحکم والي له شرايطو اوبل يې دشخې له شرايطو، ددې لپاره چې ميله په دروست ډول کار وکړي لوي قيمت دميلې دقطر لپاره انتخاب ؤ.چې نظر ستندرد جدول ته d=85mm انتخابيږي.دمقاومت مومنټ اودانرشيأ قطبې مومنټ d=85mm لپاره په لاندې ډول پيدأ کېږي:

$$W_\rho = \frac{\pi d^3}{16} = \frac{3{,}14 \cdot 0{,}085^3}{16} = 1{,}21 \cdot 10^{-4} m^3$$

$$\mathcal{J}_\rho = \frac{\pi d^4}{32} = \frac{3{,}14 \cdot 0{,}085^4}{32} = 5{,}1 \cdot 10^{-6} m^4$$

شپږمه مرحله(6): دميلې په مختلفوبرخو کې دمماسي تشنجاتو پيداکول:

مماسي تشنــجات دلاندې رابطې په واسطه پيدأ کېږي: $\tau_i = \frac{M_{Ti}}{W_\rho}$

$$\tau_1 = \frac{M_{T2}}{W_\rho} = \frac{0{,}64 \cdot 10^3}{1{,}2 \cdot 10^{-4}} = 5{,}3Mpa$$

$$\tau_2 = \frac{M_{T3}}{W_\rho} = \frac{-2,54\,.\,10^3}{1,2\,.\,10^{-4}} = -21\text{Mpa}$$

$$\tau_3 = \frac{M_{T4}}{W_\rho} = \frac{-1,27\,.\,10^3}{1,2\,.\,10^{-4}} = -10,5\text{Mpa}$$

اوومه مرحله(7) : ددوراني زاويې پيداكول دهرې برخې دميلې لپاره:

$$\varphi_{AB} = \frac{M_{T1}\,.\,L_1}{G\,.\mathcal{J}_\rho} = 0$$

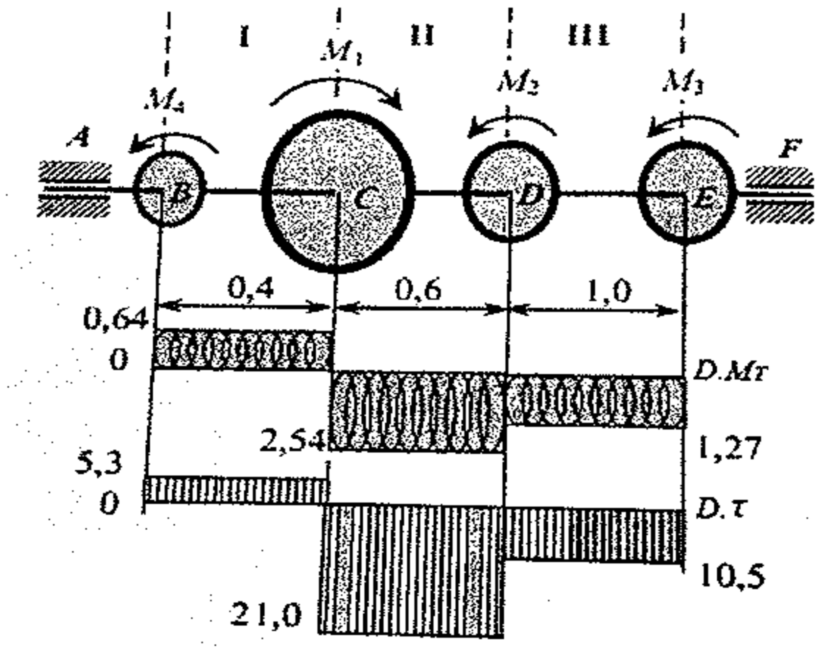
$$\varphi_{BC} = -\frac{M_{T2}\,.\,L_2}{G\,.\mathcal{J}_\rho} = \frac{0,643\,.\,10^3\,.\,0,4}{8\,.\,10^{10}\,.\,5,1\,.\,10^{-6}} = 0,000rad$$

$$\varphi_{CD} = -\frac{M_{T3}\,.\,L_3}{G\,.\mathcal{J}_\rho} = \frac{-2,543\,.\,10^3\,.\,0,6}{8\,.\,10^{10}\,.\,5,1\,.\,10^{-6}} = -0,00374rad$$

$$\varphi_{DE} = -\frac{M_{T4}\,.\,L_4}{G\,.\mathcal{J}_\rho} = \frac{-1,273\,.\,10^3\,.\,1,0}{8\,.\,10^{10}\,.\,5,1\,.\,10^{-6}} = -0,00312rad$$

$$\varphi_{EF} = -\frac{M_{T5}\,.\,L_4}{G\,.\mathcal{J}_\rho} = 0$$

دشمېرني پربنأ چې کوم قيمتونه دتاوونکې مومنټ اومماسي تشنجاتو لاسته راغلي دهغې دياگرامونه په لاندې ډول رسموو:لاندې (37.5–شکل).



37.5–شکل:دياگرامونه

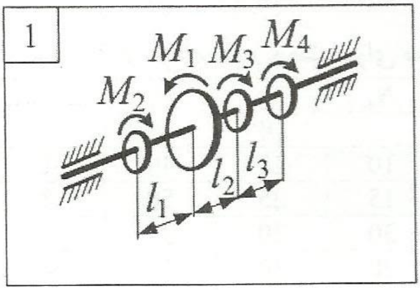
نتيجه گيري: له هغې ځايه چې قطر دميلې دمحکم والي له شرايطو انتخاب شويدې نو دمماسي تشنجاتو دياگرام دکمو (لږو) قيمتونو درلودونکې دې .دمماسي تشنجاتو مقدار (قيمت) دنيمايې يا 50% نارملي تشنجاتو دې.

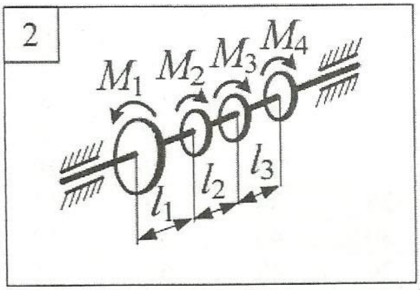
اووم نمبر(۷)کورنې دنده

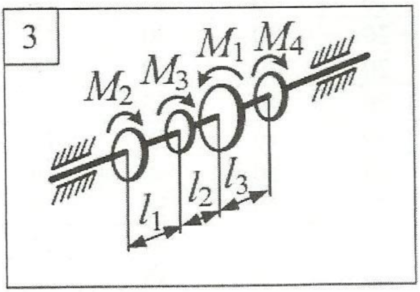
L_3	L_2	L_1	N	N_4	N_3	N_2	درسم ګڼه
M			Rpm	KW			
0,5	0,5	1,0	400	10	20	40	1
0,5	1,0	0,5	600	15	25	50	2
1,0	0,5	0,5	200	30	20	35	3
1,0	0,4	0,4	400	20	30	60	4
1,0	0,5	0,5	200	20	40	25	5
0,4	1,0	0,4	600	20	20	40	6
1,0	0,5	0,5	200	20	30	60	7
0,4	1,0	0,4	600	30	20	35	8
1,0	0,6	0,4	300	20	40	40	9
1,0	0,4	1,0	400	30	20	30	10
0,4	0,6	0,6	200	20	30	60	11
0,4	1,0	0,4	600	30	40	35	12
1,0	0,6	0,5	300	20	40	60	13
1,0	0,4	0,4	400	20	40	25	14
0,4	0,6	0,6	200	20	20	40	15
1,0	0,6	0,5	300	20	30	60	16
0,4	1,0	0,4	600	20	40	25	17
0,4	0,6	0,6	200	30	40	30	18
1,0	0,4	0,4	400	20	20	40	19
0,4	0,4	1,0	350	30	20	35	20
1,0	0,6	0,5	300	20	30	60	21
1,0	0,4	0,4	400	20	20	40	22
1,0	0,6	1,0	300	30	40	30	23
0,4	1,0	0,4	600	20	40	25	24

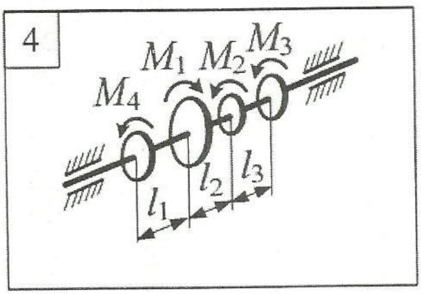
0,4	0,4	1,0	350	20	20	40	25
0,4	0,6	0,4	300	30	20	35	26
1,0	0,4	0,4	400	20	30	60	27
0,4	0,6	0,6	200	30	40	30	28
0,4	0,4	1,0	350	35	45	50	29
0,4	0,6	200	20	40	25	25	30
0,4	1,0	0,5	300	30	30	30	31
0,6	1,0	0,4	200	20	35	40	32

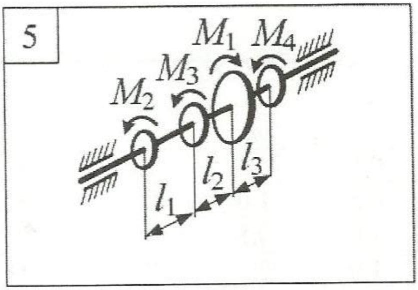
داول سوال مربوط دشافت ډوله ترانسمیشن دمحاسبې داجرا لپاره لازم ارقام

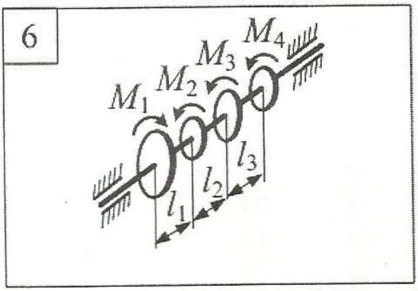

1
M1
M3
M4
M2
l1
l2
l3

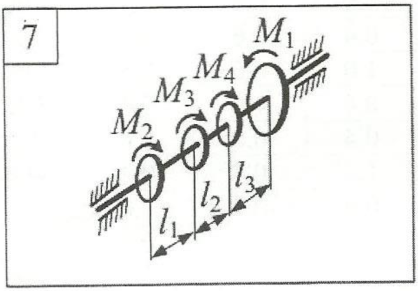

2
M1
M2
M3
M4
l1
l2
l3

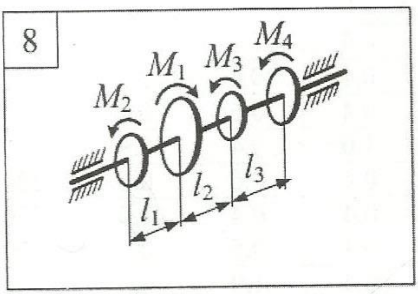

3
M2
M3
M1
M4
l1
l2
l3

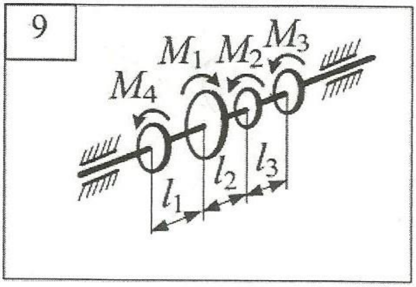

4
M4
M1
M2
M3
l1
l2
l3

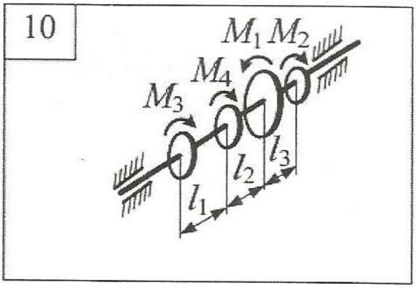

5
M2
M3
M1
M4
l1
l2
l3

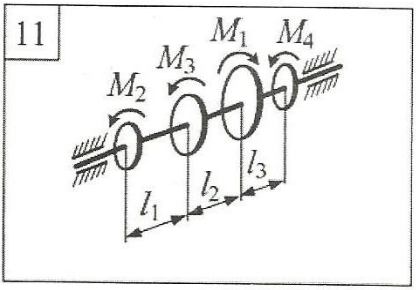

6
M1
M2
M3
M4
l1
l2
l3

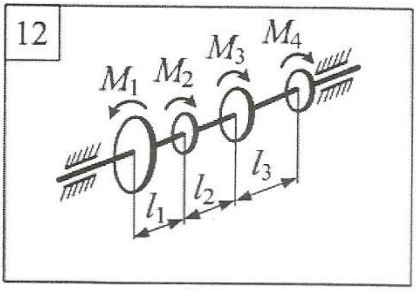

7
M2
M3
M4
M1
l1
l2
l3

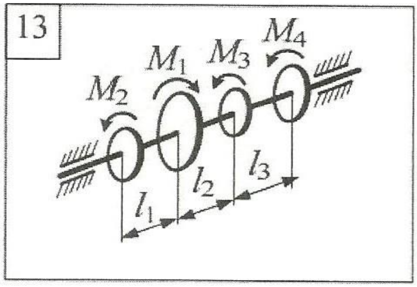

8
M2
M1
M3
M4
l1
l2
l3

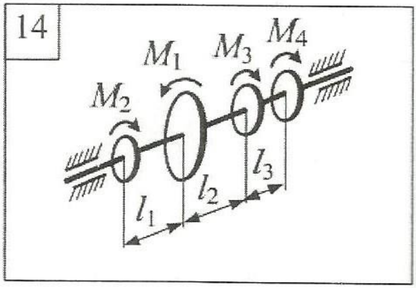

9
M_1 M_2 M_3 M_4
l_1 l_2 l_3

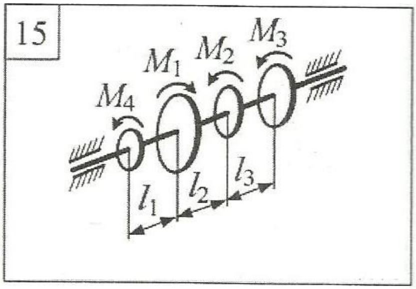

10
M_1 M_2 M_3 M_4
l_1 l_2 l_3

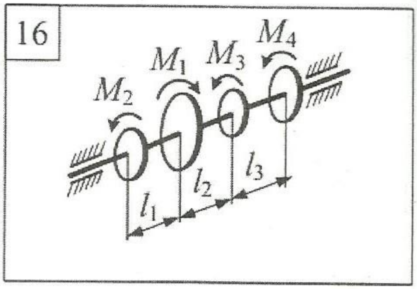

11
M_1 M_4 M_3 M_2
l_1 l_2 l_3

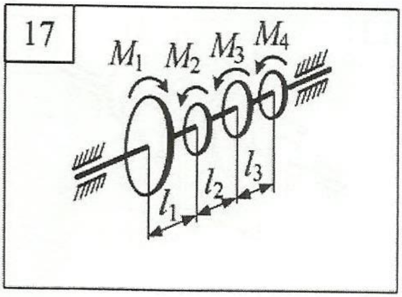

12
M_1 M_2 M_3 M_4
l_1 l_2 l_3

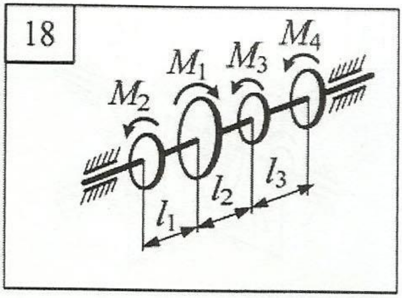

13
M_4 M_1 M_3 M_2
l_1 l_2 l_3

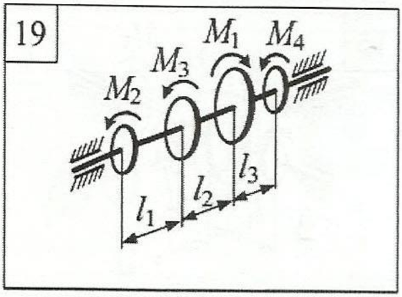

14
M_1 M_3 M_4 M_2
l_1 l_2 l_3

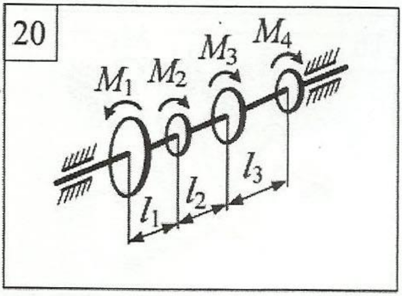

15
M_3 M_1 M_2 M_4
l_1 l_2 l_3

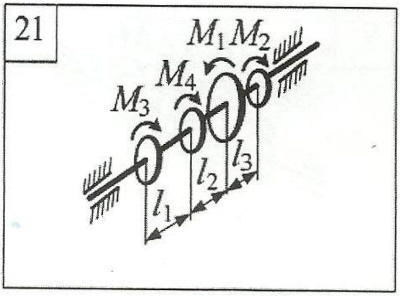

16
M_4 M_1 M_3 M_2
l_1 l_2 l_3

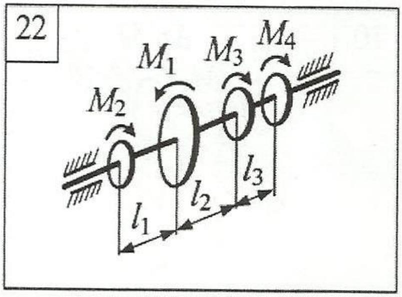

17
M1 M2 M3 M4
l1 l2 l3

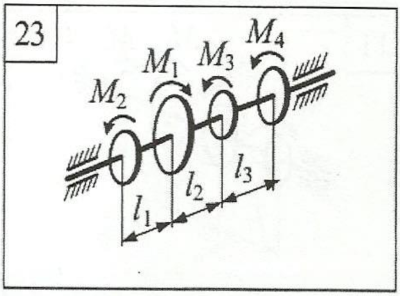

18
M2 M1 M3 M4
l1 l2 l3

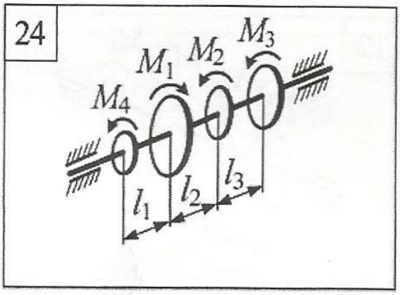

19
M2 M3 M1 M4
l1 l2 l3


20
M1 M2 M3 M4
l1 l2 l3

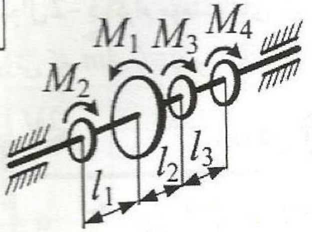

21
M3 M4 M1 M2
l1 l2 l3


22
M2 M1 M3 M4
l1 l2 l3

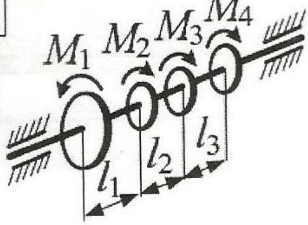

23
M2 M1 M3 M4
l1 l2 l3


24
M4 M1 M2 M3
l1 l2 l3

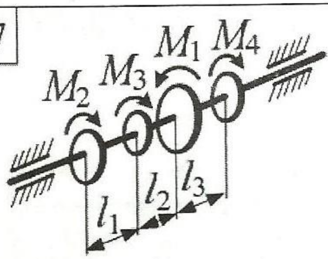
25



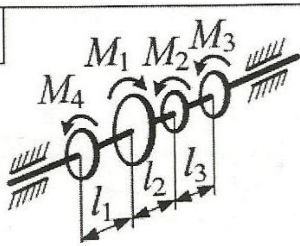
26



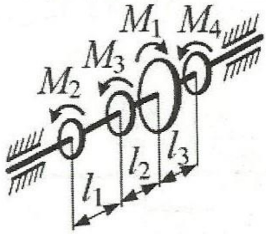
27



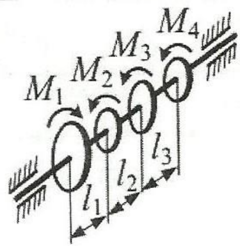
28



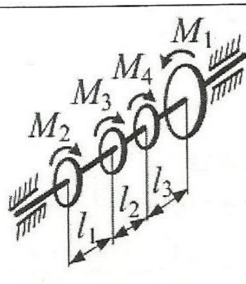
29



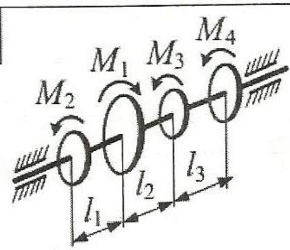
30



31



32



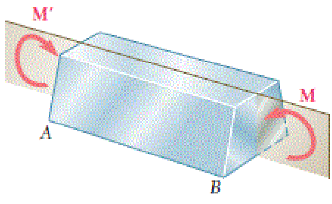
شپږم څپرکی

کوږوالی(انحنأ)

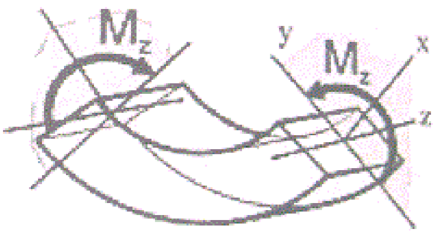
دیوې میلې کوږوالی (Bending) دشکل هغې بدلون ته ویل کېږي،چې دهغه په انساجو (تسمو) کې دبهرنیو قوو او مومنتونو له آغیزو څخه ،چې دهغه محور له پاسه عمودې عمل کوی منځته راځي.دغه بهرنۍ قوې دهغه محور لپاسه عمود دې اومومنتونه دهغه په سطحه کې پراته دي کوم چې دهمدې محور څخه تېرېږي.

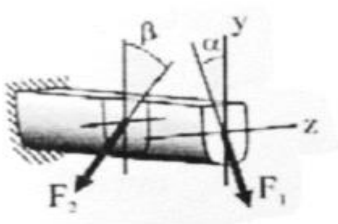
ګاډر(Beam) :ګاډر یوخطي ساختماني عنصر چې په کوږوالي کې کار کوي او په حقیقت کې دعمودي بارونو دزغملو او انتقالولو دنده په غاړه لري ، لکه دسلبونو وزنونه چې په ګاډرونو واقع وي.

دبارونو دواقع کیدو اودمیلو دسرونو دنښتنې دطرزله مخې په میله کې څوډوله کوږوالی پیښیږي،مګر کله چې دمیلې په عرضي مقطعو کې یواځې دکوږوالی مومنټ داخلي عامل وي اونور عوامل یې صفر وي ، دمیلې په اوږده محور باندې عمل وکړي، نو دغه رنګه کوږوالي ته سوچه کوږوالي یا(Pure bending) وایې (1.6 – شکل).



1.6–شکل:سوچه کوږوالی

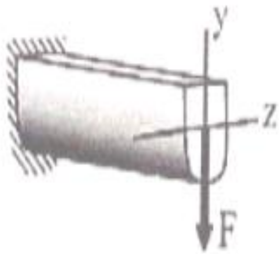




2.6–شکل :مرکب کوږوالی

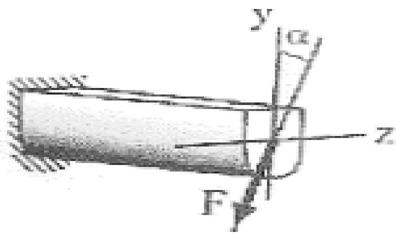
مرکب کوږوالی : هغه قوې چې په دې حالت کې دکوږوالی سبب ګرځي په مستویګانو باندې په مختلفوجهتونو عمل کوي(2.6–شکل) .

کله چې میله لږترلږه یومتناظر محور ولري،قوې اوله دې جملې څخه اتکأ یز عکس العملونه په هغه سطحه کې واقع وي،چې دمتناظر محور سره منطبقه وي اود کږېدو شوې میلې محور هم په دې سطحه کې پروت وي ، اویا ټولې هغه قوې چې دکوږوالي سبب ګرځي یودمستویو څخه اویا یود ګاډر دمحورونو سره هم جهت عمل وکړي ، نوددغه رنګه کوږوالي ته سطحي کوږوالي (Plane bending) وایې (3.6 –شکل).



3.6– شکل:سطحي کوږوالی

اوکه چیرې دمیلې په عرضي مقطعوکې هم مهاله دکوږوالي دوه مومنتونه MxاوMy پیښ شي اویا ټولې هغه قوې چې دکوږوالي سبب ګرځي په یوه مستوي کې هم قرار ونه لري مګر په یوه لوري موقیعت اختیار کړي ، نودغه ډول کوږوالي ته مایل کوږوالي(Oblique bending) ویل کېږي (4.6 –شکل).[2].



4.6 –شکل: مایل کوږوالی

1.6–دګاډرونو ډولونه :

دګاډرولپاسه په مختلفوشکلونو اوډولونو قوې اوبارونه عمل کوي ، ددې بارونو دشمېرنې لپاره لازمه ده چې محاسبوي شېما دګاډر ترتیب اورسم شي .په دې اساس ضروري ده چې ډولونه دګاډرونو ،دګاډرونو بارونه اودهغې بارو په مقابل کې عکس

العملونه وپيژنو . اوپه لاندې ډول دي.[2],[1].

1.ساده ګاډرونه(Simple beams)(اساسي ګاډرونه):-

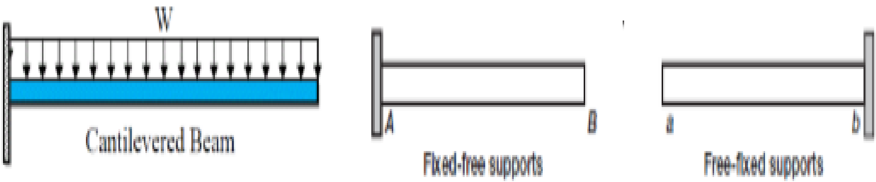
هغه ګاډرونه چې سرونه يې تړلي په مفصلي متحركه اويا غيري متحركه اتكأ پورې وي ، اوپه دې حالت کې په اتكأوو کې درې عكس العملونه پيدأ كول ضروري اولاړمي شمېرل كېږي (5.6-شكل).



5.6-شكل:دساده ګاډر شيما

2.كنسولي ګاډر(Cantilever beam):

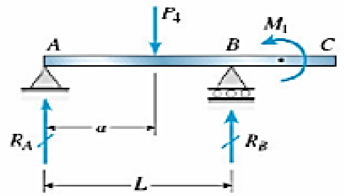
هغه ګاډر چې يوه خوايې آزاده اوبله خوا يې سخته نښتې وي . په دې حالت کې ددريو اتكأيزو عكس العملونو پيدأ كول ضروري دي(6.6 -شكل) .

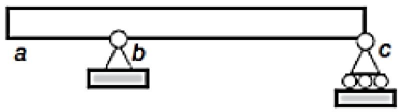


6.6-شكل:دكنسولي ګاډرشيما

3.ګاډر ديوې مختنه راوتلي برخې سره(With an over hang beam):

هغه ګاډر چې په دوه نقطو کې لرونكې داتكأ وو اويوه برخه يې مختنه راوتلي وي (7.6 -شكل).

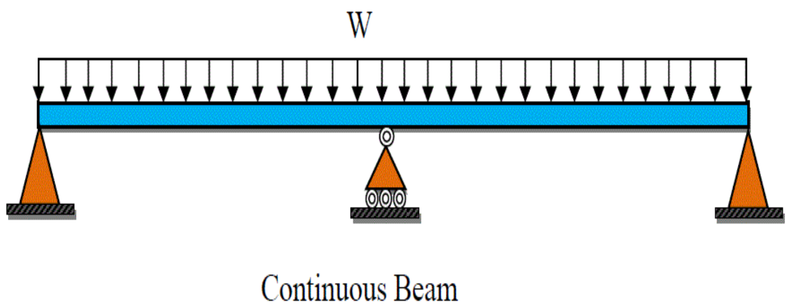




7.6–شکل: مخ ته راوتلي ګاډر

4.کانیټنوزګاډر(Continuous beam):

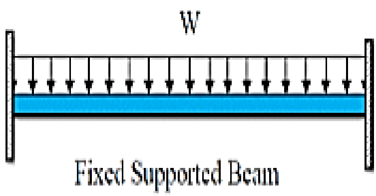
هغه ګاډرچې دخو اتکاګانو له پاسه پروت وي.

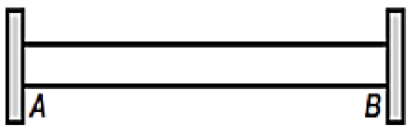


8.6 –شکل:دمسلسل اتکأ لرونکي ګاډر

5.محکم ګاډرونه(Rigidly beam):

هغه ګاډر چې ددواړو خواوونه دسختو اتکأ ګانو پوري نښتي وي (9.6–شکل).

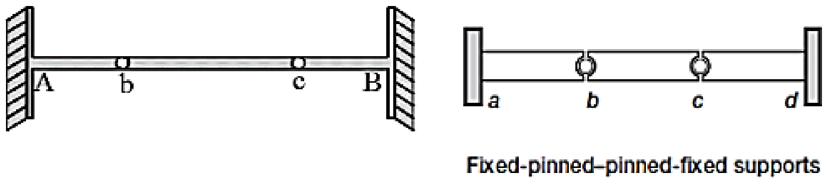




9.6– شکل

6.څوړند ګاډر:

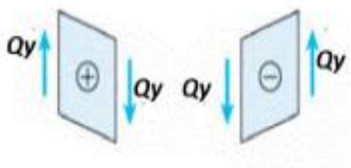
هغه ګاډر چې خپل وزن ددووغوټوپه مرسته په ګاونډيو ګاډرونو راولېږي اودې ګاډرته فرعي ګاډر هم وايي(10.6-شکل).



10.6-شکل:څوړند ګاډر

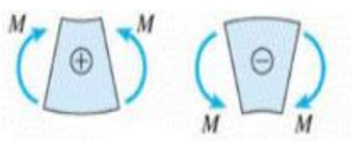
2.6-دعرضي قوې اودکوږوالي مومنټ دعلامو دپېژندنې قاعده:

دشمېرنې داجرأ لپاره دعرضي قوې اودکوږوالي مومنټ دعلامو پېژندل ضروري او لازمي دي ځکه چې دې هغې په بنأ دکوږوالي ډول ټاکل کېږي . اوپه لاندې ډول ترې يادونه کوو:[2],[3].



11.6-شکل: عرضي قوودعلامو ټاکل

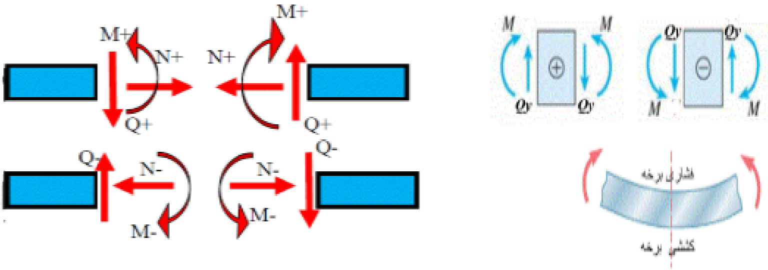
a.دعرضي يا غوڅونکې قوې(Qy) علامه هغه وخت مثبت کېداى شي چې دګاډر دغوڅ شوي سر Qy دګاډر سر دساعت دستنې مطابق وڅرخوي ،اوکه Qy دګاډر غوڅ شوي سر په مخالف لوري دساعت دستنې وڅرخوي ،منفي شمېرل کېږي(11.6-شکل) .



12.6-شکل:دکوږوالي مومنټ دعلامو ټاکل

b. دکوږوالي مومنټ هغه وخت مثبت شمېرل کېږي چې Mz دګاډر دلاندينيو تسمو(انساجو) دکشش او دپورتنيو تارونو يا انساجو دتراکم سبب شي اوبې له هغې منفي شمېرل کېږي (12.6 -شکل).

په عمومي ډول دکوږوالي دشکل بدلون علامي په لاندې ډول ټاکل کيږي (13.6–شکل).



13.6–شکل: دکوږوالي دشکل بدلون په صورت کې دداخلي فکتورونو دعلامو ټاکل

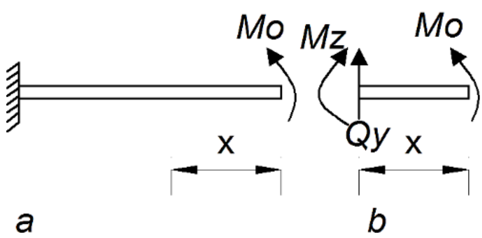
3.6–په کوږوالی کې دننه (داخلي) قوې (Internal forces inflexure):

په کوږوالي کې دګاډرونو محاسبې (محکم والي اوشخي) له پاره دغوشې له طريقې څخه ګټه اخلو.

دموضوع دلاروښانتيا لپاره دکوږوالي دوه حالتونه تر څيړنې لاندې نيسو:

1. يوکنسولي ګاډر دمرکزي مومنټ M_0تر اغيزې لاندې راغلي دي (14.6–شکل) ، په دي حالت کې دداخلي فکتورو څخه يوائې يو فکتور دصفر خلاف اونور مساوي له صفر سره دي .

داګاډر دپرې کونې ميتود په واسطه د x په فاصله غوڅوو:



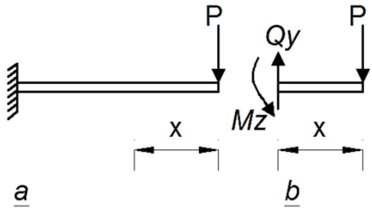
14.6شکل:دمرکزي مومنټ له آغيزي باړونه

$$\sum F_y = 0 \;\; ; \quad Q_y = 0 \qquad \sum M_Z = 0 \;\; ; \quad M_Z = M_0$$

2- کنسولي ګاډر ديوې متمرکزې قوې تراغېزې لاندې راغلي دی (15.6 -شکل) .
په دې حالت کې دداخلي فکتورونو له جملې څخه دوه فکتوره خلاف دصفر دې .

$$\sum F_y = 0 \;\; ; \quad Q_y = P$$

$$\sum M_Z = 0 \;\; ; \quad M_Z = -P.X$$



15.6 -شکل:دمتمرکزه قوې له اغېزې بارآچونه

په دې ترتيب سره دګاډر په عرضي مقطع کې دامتدادې اوعرضي قوو اودکوږوالي مومنټ عمل په پايله کې له شپږو داخلي فکتورونو څخه يواځې دري فکتورونه (Q_y، N_Z او M_Z) خلاف دصفر اونور مساوي له صفر سره دې.

په کوږالي کې دمسايلو دحل په خاطر لاندې پلاني ټکې بايدپه پام کې ونيسو:

1.دتعادل له معادلو څخه بايدپه اتکأ وو کې عکس العملونه پيدأ کړو .

2.دګاډرپه هره برخه کې دغوڅې له طريقې څخه په ګټه اخيستنه دکوږوالی مومنټ اوعرضي قوه پيدأ کوو.

3.دکوږوالی مومنټواوعرضي قوو دلاسته راغلي قيمتونو له مخې دګاډر په اوږدو کې دقوو اومومنټو دوېش دياګرام کاږو.

4.دپيدأ شو ارقامو له مخې دګاډرپه مقاطعو کې دتشنجاتو ټاکل اوپيدأ کول .

5.دګاډردخطرناکې نقطې معلومول ياهغه برخه دګاډر چې په هغې باندې ډېرو قوو اودکوږوالي مومنټوعمل کړي وي.

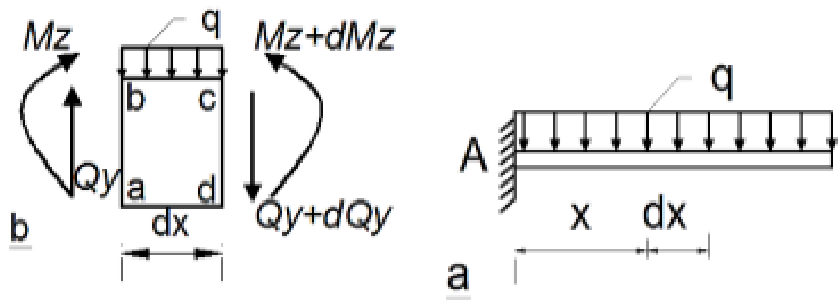
6.دضرورت په وخت کې دمجازي تشنجاتو څخه په ګټه اخيستنې،دکوږوالي اعظمي مومنټ، اعظمي عرضي قوه،دګاډر شخې اودانرشيأ اومقاومت مومنټونو ، ټاکل دګاډر په عرضي مقطع کې .

7. که ضرورت وي دګاډر داوږدوالي دشکل بدلون (اوږدېدنه اولنډېدنه)پيدأ شي.
8.دضرورت په وخت کې دې د ګاډرتغير مکانونه(دځاي بدلونونه)ومونډل شي.[2],[1].

4.6:دکوږوالي مومنټ(M)،عرضي قوې(Q) اووېشلي بار(q)ترمنځ ديفرينسيالي رابطې:

پوهيږو چې دخارجي قوو عمل دګاډر له پاسه دکوږوالي مومنټ اوعرضي قوې درامنځته کيدو سبب کېږي،نودکوږوالي مومنټ اوغوځونکوو قووتر منځ رابطه اوارېکه شته،چې دارابطه په لاندې ډول ده :

يوګاډرپه نظر کې نيسو چې دوېشليې بار تر اغېزې لاندې راغلې دي(6. a16– شکل)،له ګاډر څخه ډېره کوچنۍ برخه دdx په اوږدوالي جدأ کوو(b16.6 –شکل).



16.6 –شکل: دقوولة آغيزي لاندې ګاډر

په عمومي ډول دګاډر داوږدوالي په امتداد کې دکوږوالي مومنټ اوعرضي قوې مقدار متغير يا بدلون مومي،بنأ پر دي که د ab په برخه کې دکوږوالي مومنټاوعرضي قوو کميتونه Qyاو Mz وي،نود cd په برخه کې دهغوي په مقدارونو dQy او dMz ورزياتيږي،چې (cd)برخه کې دکوږوالي مومنټ مقدار (Mz+dMz) اوعرضي قوهئې (Qy+ dQy)مقدار زياتيدونکي قيمتونه اختياروي.

دکوچنۍ برخې لپاره دتعادل معادله ترتیب کوو پیدأ به کړو چې :

$$\sum F_y = 0 \;\;; \quad Q_y - q.dx - (Q_y + dQ_y) = 0 => -q.dx = dQ_y = > \frac{dQ_y}{dx} = -q$$

دوېشلي منظم بار شدت دعرضي قوې دمشتق سره برابر دې.

پورتني رابطه کولاې شو دمشتق له طریقې هم په لاس راوړو:

$$\sum M_d = 0 \;\;; -M_z + q.dx(^{dx}/_2) - (Q_y .\; dx) + Mz + dMz = 0$$

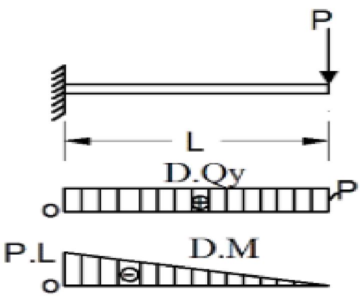
په پورته معادله کې $q\,^{dx^2}/_2$ ډېر کوچني قیمت دې، نو یې په پام کې نه نیسو . له پورتنۍ افادې څخه په لاس راوړو چې: $Qy=\frac{dM_z}{dx}$

له پورتنې معادلې څخه څرګندېږي، چې عرضي قوه ،دکوږوالي مومنټ دمشتق سره برابره ده اودژورافسکي دقضیې په نوم سره یادېږي .

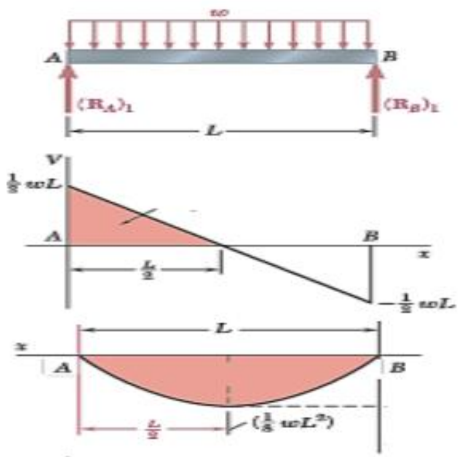
دپورته دیفرنسیالي معادلو دتحلیل پربنأ دعرضي قوو اوکوږوالي مومنټونو تر منځ درابطو اوخصوصیاتو دبرقراري امکان شته چې هغه په لاندې ډول خیږو.

ددیاګرامونو درسمولو کنترول:

1.که وېشلي بارq په میله باندې موجودنه وي دعرضي قوې دګاډر یا میلې په امتداد ثابت وي اوMz



17.6–شکل



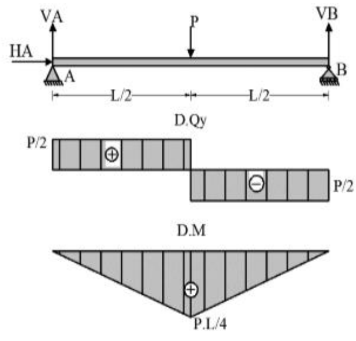
18.6 –شکل

دیاگرام خطي تابع دې (17.6 –شکل).

یا په بل ډول –دعرضي قوې دیاگرام دصفري کرښې (اساسي کرښه) سره موازي اودکوږوالي مومنټ دیاگرام داساسي کرښي سره مایل واقع کېږي .

2.که چېرې دمیلې په کومه برخه کې وېشلي منظم بار وي، نودعرضي قوې دیاگرام داساس دکرښي سره مایل اومسقیم خط وي،اودکوږوالي مومنټ Mz دیاگرام دبار په لوري یوه پارابولي کرښه جوړه وي(18.6–شکل).

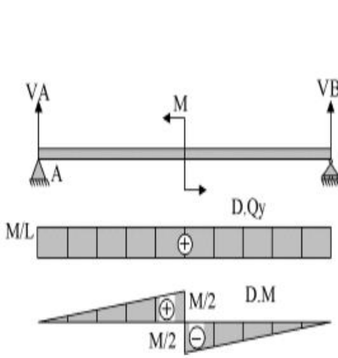
3.که وېشلي بار موجودوي دعرضي قوې دیاگرام یوله نقطودگاډرخخه مساوي له صفرسره شي د Mz دیاگرام داکستر یموم (Maximum) وي.(6.18 –شکل). اویا په بل عبارت– دمیلې په هغه عرضي مقطع کې چې عرضي قوه دیاگرام داساسي کرښې سره پرې کوي اویا خپله علامه بدله کړي دکوږوالي مومنټ قیمت اکستریموم دې ، یعني که چېرې د Qy قیمت دمنفي نه مثبت ته بدلون ومومي دMz قیمت ډېر لږ اوبرعکس ډېر زیات دې (18.6–شکل).



19.6 –شکل

4.که دگاډر په کومه نقطه کې متمرکزه قوه عمل وکړي د Qy دیاگرام یې په هغه نقطه کې ټوپ (جهش)وهي چې ددې ټوپ اندازه دقوې له عددي قیمت سره برابره ده .اودکوږوالي مومنټ ددې قوې په لور منکسره(ماتوالي) کرښه جوړوي(6.19 –شکل) .

5. متمرکز مومنټ دعرضي قوې په دیاگرام باندې کومه آغېزه نلري(بدلون نه مومي) اود Mz په دیاگرام کې ټوپ وهي ، چې ددې ټوپ اندازه دهغه خارجي مومنټ دعددي قیمت سره برابردي، چې دټوپ لپاسه عمل

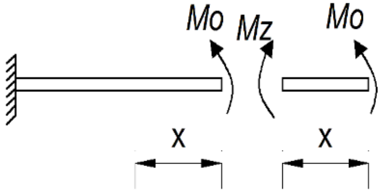


20.6 –شکل

کوي اولوري يې هم ددې مومنټ څخه ټاکل کېږي(20.6 –شکل).

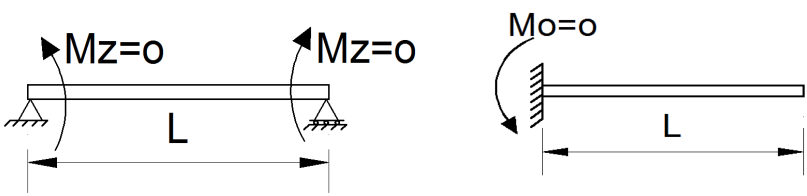
6.که کنسولي ګاډر باندې متمرکزه مومنټ عمل کړي وي اودعمل نقطه يې دکنسولي ګاډر آزاد سر وی ، نوداخلي مومنټ دګاډر مساوي له خارجي مومنټ سره دې .که چېرې متمرکزه مومنټ داتکأ وو په مفصلونو کې عمل نه وي کړي ، نوداخلي مومنټونه په هغه مفصل کې مسا وي له صفره سره دې(21.6–شکل).

$M_z=M_0$



21.6–شکل

7.که چېرې يوه ميله په دوواتکأ ګانوباندې ولاړه وي اوکنسول ونلري ، نوپه دوو اتکأ ګانو کې مومنټونه صفر دې.
اوکه چېرې په کنسولې ميله کې قوې نه وي نوپه سخته اتکأ کې مومنټ هم صفر دې (22.6–شکل).



22.6–شکل

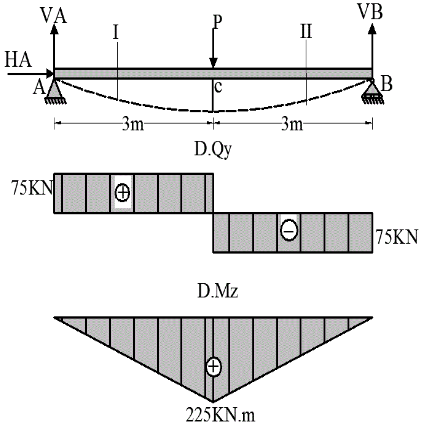
8.که چېرې دميلې په کومه برخه کې (عرضي مقطع کې)دعرضي قوې قيمت مثبت وي د Mz کوږوالي مومنټ قيمت ډېرېږي اوبرعکس کوچني کېږي(19.6)او(20.6)شکلونه .

1.مثال: یوګاډر دAB چې په دوو اتکأ وو متکې دې دA اتکأ مفصلي غیري متحرکه اودBاتکأ مفصلي متحرکه ده،دګاډرپه مرکزي برخه کې P=150KN قوې عمل کړي (23.6 –شکل)،دکوږوالي مومنټ اعظمي مقدار اودعرضي قوې مقدار په عرضي مقطع دګاډر کې پیدأ کړئ ؟ اودیاګرامونه یې رسم کړئ ؟[2].

حل: لیدل کېږي چې د A اتکأ ددوو عکس العملونولرونکې ده اود B اتکأ دیوه عمودي عکس العمل لرونکې ده .

څرنګه چې افقي قوې په ګاډرباندې عمل ندې کړي نو $H_A=0$ سره دې.

نویواځې باید دوه V_AوV_B عکس العملونه پیدأ کړو.دعکس العملونو دپیدأ کولو لپاره په لاندې ډول عمل کوو:



شکل– 23.6

$$\sum M_A = 0 \ , \ \ V_B.L - P.{}^{L}/_{2} = 0 => V_B = \frac{P.l}{2.l} = \frac{P}{2} = \frac{150}{2} = 75KN$$

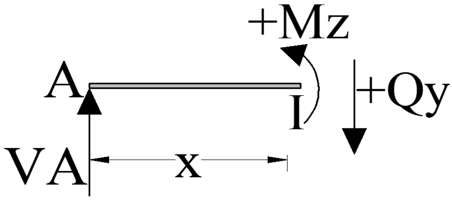
$$\sum M_B = 0 \ , \ \ - V_A.L + P.{}^{L}/_{2} = 0 => V_A = \frac{P.l}{2.l} = \frac{P}{2} = \frac{150}{2} = 75KN$$

کنتـــــــرول:-

$$\sum F_y = 0 \ , \ \ V_A + V_B = P => 75 + 75 = 150 => 0 = 0$$

اوس دغوڅې طریقې څخه په ګټه اخستودکوږوالي مومنتونه اوعرضي قوې دګاډر په مقطعو کې پیدأ کوو(23.6 a–شکل):

لومړي غوڅه:-



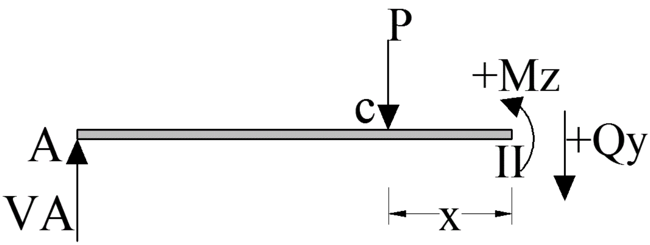
شکل 23.6 -a

$$\sum F_y = 0\ ,\ \ Q_y - V_A = 0 => Q_y = 75KN$$

$$\sum M_{ZI} = 0\ ,=>\ M_Z - V_A.\ X = 0\,,\qquad M_Z = V_A\,.X\ ;\quad 0 \le X \le \frac{L}{2}$$

X=0 , $M_{ZI} = 0$, $X = \frac{L}{2}$, $M_{Z2} = V_A.\ \frac{L}{2} = 75.\frac{6}{2} => M_{Z2} = 225KN\,.m$

دوهمه غوځه:(II−II) (23.6 b− شکل):



شکل 23.6 -b

$$Q_y - V_A + P = 0\ ;\ \ Q_y = V_A - P = 75 - 150 = -75KN$$

$$M_{Z2} - V_A\left(x + {}^{L}/_{2}\right) + P.x = 0 => M_{Z2} = V_A\left(x + {}^{L}/_{2}\right) - P.x =>$$

$$x = 0\quad M_{Z2} = V_A\left({}^{L}/_{2}\right) = 75\,.{}^{6}/_{2} = 225KN.m$$

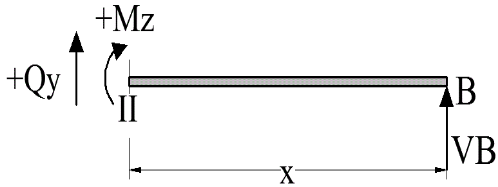
$$x = {}^{L}/_{2}\quad M_{Z2} = V_A.L - P.{}^{L}/_{2} = 75\,.6 - 150.{}^{6}/_{2} = 0$$

کولاي شو چې دښي خوا څخه يې هم محاسبه کړو(22.6 c− شکل): $0 \le X \le \frac{L}{2}$

$$Q_y + V_B = 0 => Q_y = -V_B = -75KN\ ,$$

$$M_{Z2} - V_B.x = 0\,; x = 0; M_{Z2} = 0$$

$$x = {}^{L}/_{2}\quad M_{Z2} = V_B.L = 75\,.{}^{6}/_{2} = 225KN.m$$



c 23.6-شکل

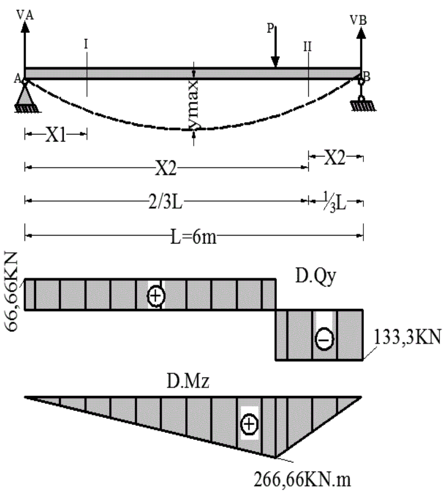
دپورته شمېرل شویو قیمتوله مخې په (23.6-شکل)کې د Mz او Qy دیاګرامونه رسم شوي دې.

2.مثال: یوګاډ رچې دp=200KN قوې تر اغېزې لاندې راغلی دی ، په عرضي مقطع دګاډر کې دکوږوالي مومنتونه اوعرضي قوې پیدا کړي ؟(24.6-شکل).[2].

حل: لومړي عکس العملونه پیدا کوو:

$$\sum M_A = 0 \quad ; \quad -V_B . L + P . {}^{2}/_{3} . L = 0 => V_B = 133{,}33KN$$

$$\sum M_B = 0 \quad ; \quad V_A . L - P . {}^{1}/_{3} . L = 0 => V_A = 66{,}66KN$$



24.6-شکل

کنترول:

$$\sum F_y = 0 \; ; \quad V_A + V_{\mathbf{B}} - P = 0 \; ; \quad 133{,}33 + 66{,}66 - 200 => 0 = 0$$

اوس دغوڅې له طريقې څخه ګټه اخلو اومحاسبه ترسره کوو:

له کيڼې خوا اوله غوڅه:

I–I Section:

$$Q_{y_1} - V_A = 0 => 66{,}66KN = Q_{y_1}$$

$$M_{Z_1} - V_A \,.\, X_1 = 0 => M_{Z_1} = V_A \,.\, X_1$$

$X_1 = 0 \; ; \; M_{Z_1} = 0$ اوکه $X_1 = \frac{2}{3}L \; ; \; M_{Z_1} = 266{,}66KN.m$

دوهمه غوڅه:

II–II Section:–

$$Q_{y_2} - V_A + P = 0 => Q_{y_2} = V_A - P = 66{,}66 - 200 = -133{,}33KN$$

$$M_{Z_2} - V_A \,.\, X_2 + P\left(X_2 - \frac{2}{3}L\right) = 0 => M_{Z_2} = V_A \,.\, X_2 - P\left(X_2 - \frac{2}{3}L\right) =>$$

$$X_2 = \frac{2}{3}L \; ; \; M_{Z_2} = V_A \,.\, \frac{2}{3}L - P\left(\frac{2}{3}L - \frac{2}{3}L\right) = 266{,}66KN.m$$

$$X_2 = L \; ; \; M_{Z_2} = V_A \,.\, L - P\left(L - \frac{2}{3}L\right) = 66{,}66 \, x \, 6 - 200.\, {}^{6}/_{3} = 0$$

له ښي خوا هم کولای شو چې محاسبه ترسره کړو:

$$Q_{y_2} + V_B = 0 => Q_{y_2} = -V_B = -133{,}33KN$$

$$M_{Z_2} - V_B \,.\, X = 0 => M_{Z_2} = V_B \,.\, X \; ; \quad X = 0 => M_{Z_2} \quad ;$$

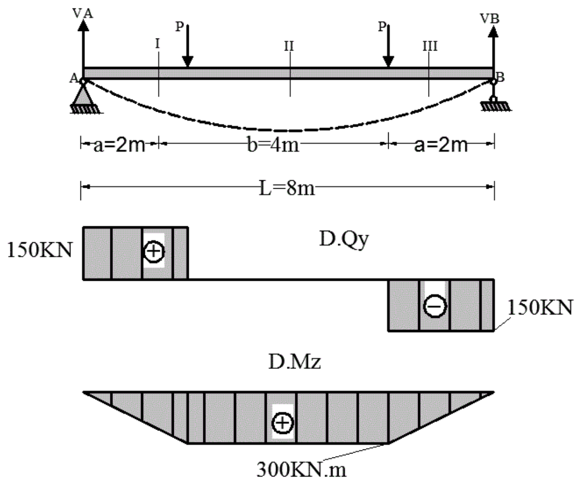
$$X = \frac{1}{3}L => M_{Z_2} = V_B \,.\, \frac{6}{3} = 266{,}66KN.m$$

دپورته شمېرل شويو قيمتوله مخې يې د Mz او Qy دياګرامونه رسموو(24.6 – شکل).

يادونه: سره لدې چې متمرکزه قوې دګاډر داوږدوالي په نيمايې کې عمل نه دې کړی ، خو دتجربو له مخې اعظمي مقدار دکږوپوالي(خميده ګي)y_{max} په مرکز دګاډر کې وي.

3.مثال: یولږکین ګاډر چې 8m اوږدوالي لري په دوو اتکأوومتکې دې،دA اتکأیې غیر متحرکه مفصلي او د B اتکأیې متحرکه مفصلي ده ، ددوو قوو په واسطه P= 150KN بار شوی(25.6-شکل)، Mz دکوږوالي مومنټ او Qy عرضي قوې مقدارونه یې پیدأ اودیاګرامونه یې رسم کړي ؟[2].

حل: لومړي عکس العملونه پیدأ کوو:

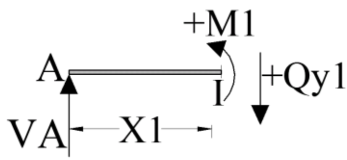


25.6- شکل:دلږکین ګاډردMz اوQy دیاګرامونه

$$\sum M_A = 0 \quad ; \quad -V_B.8 + P.6 + P.2 = 0 => V_B = P = 150KN$$

$$\sum M_B = 0 \quad ; \quad V_A.8 - P.6 - P.2 = 0 => V_A = P = 150KN$$

دغوڅې له طریقې څخه ګټه پورته کوو اومحاسبه سرته رسوو:



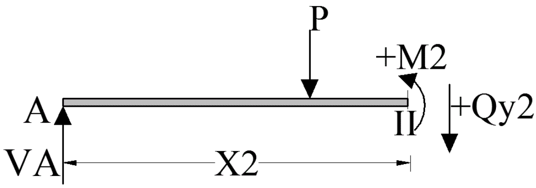
I-I Section:

$$Q_{y_1} - V_A = 0 \ ; \ Q_{y_1} = V_A = 150KN$$

$M_{Z_1} - V_A . X_1 = 0 => M_{Z_1} = V_A . X_1$

$X_1 = 0$; $M_{Z_1} = 0 =>$ $X_1 = a = 2m$; $M_{Z_1} = V_A . a = 150 . 2 = 300KN.m$

II–II Section:



$Q_{y_2} - V_A + P = 0 => Q_{y_2} = V_A - P = 150 - 150 = 0$

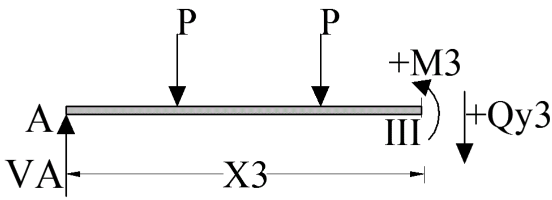
$M_{Z_2} - V_A . X_2 + P(X_2 - a) = 0 => M_{Z_2} = V_A . X_2 - P(X_2 - a) =>$

$X_2 = a$; $M_{Z_2} = V_A . a - P(a - a) = V_A . a = 300KN.m$

$X_2 = a + b \;=>$

$M_{Z_2} = 300KN.m$

III–III Section:



$Q_{y_3} - V_A + P + P = 0 => Q_{y_3} = V_A - P - P = 150 - 150 - 150 = -150KN$

$M_{Z_3} - V_A . X_3 + P(X_3 - a) + P(X_3 - 3a) = 0 =>$

$M_{Z_3} = V_A . X_3 - P(X_3 - a) - P(X_3 - 3a) =>$

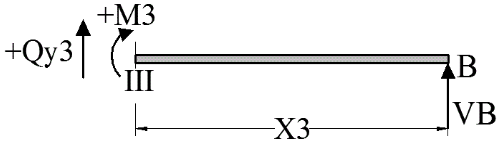
$X_3 = 3a$; $M_{Z_3} = V_A .3a - P(3a - a) - P(3a - 3a) = 900 - 600 = M_{Z_3} = 300KN.m$

$X_3 = 4a$; $M_{Z_3} = V_A .4a - P(4a - a) - P(4a - 3a) =>$

$V_A .4a - P . 3a - P . a = 1200 - 900 - 600 = 0 => M_{Z_3} = 0$

له بني خوا يې شمېرو:

III–III Section:



$Q_{y_3} + V_B = 0 => Q_{y_3} = -V_B = -150KN$

$M_{Z_3} - V_B \,.\, X_3 = 0 => M_{Z_3} = V_B \,.X_3 \;=> X_3 = 0 => M_{Z_2} = 0$

$X_3 = a => \; M_{Z_3} = 300KN.m$

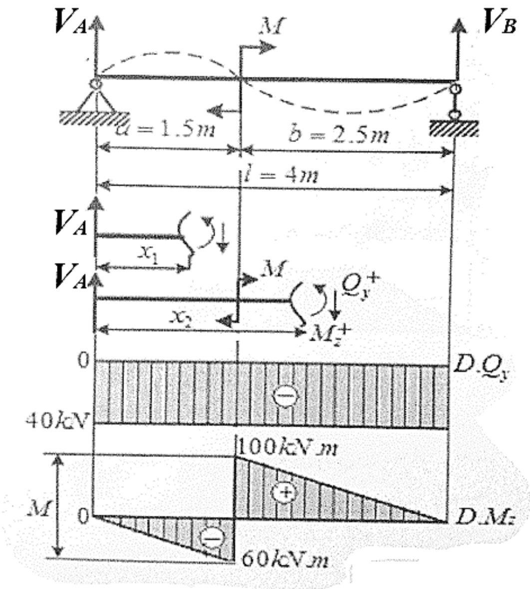
دلاسته راغلو قیمتونو له مخې د Mz او Qy دیاګرامونه رسموو(25.6 –شکل).

4. مثال: په یوه ګاډر باندې متمرکزه مومنټ M=160KN.m عمل کړیدی، داخلي دکوږوالي مومنټ(Mz)اوعرضي قوه(Qy) یې پیدأ اودیاګرامونه یې رسم کړي(26.6 – شکل). [2].

حل: اول یې عکس العملونه پیدأ کوو:

$$\sum M_A = 0 \quad ; \quad -V_B.L + M = 0 => V_B = \frac{M}{L} = \frac{160}{4} = 40KN$$

$$\sum M_B = 0 \quad ; \quad V_A.L + M = 0 => V_A = -\frac{M}{L} = -\frac{160}{4} = -40KN$$



26.6– شکل:دMz اوQy دیاګرامونه

دغوڅې طريقې څخه په ګټه اخيستنې داخلي عوامل يې شمېرو:

I–I Section:

$Q_{y_1} - V_A = 0$; $Q_{y_1} = V_A = -40KN$

$M_{Z_1} - V_A . X_1 = 0 => M_{Z_1} = V_A . X_1$

$X_1 = 0$; $M_{Z_1} = 0 => X_1 = a => M_{Z_1} = -40 .1{,}5 = -60KN.m$

II–II Section:–

$Q_{y_2} - V_A = 0 => Q_{y_2} = V_A = -40$

$M_{Z_2} - V_A . X_2 - M = 0 => M_{Z_2} = V_A . X_2 + M =>$

$X_2 = a$; $M_{Z_2} = V_A . a + M = -40 \,.\, 1{,}5 + 160 = 100KN.m$

$X_2 = L$; $M_{Z_2} = V_A . L + M = -40 \,.\, 4 + 160 = 0$

له ښي خوا څخه يې شمېرو:

$Q_{y_2} + V_B = 0 => Q_{y_2} = -V_B = -40KN$

$M_{Z_2} - V_B \,.\, X_2 = 0 => M_{Z_2} = V_B \,.X \;; \quad X_2 = 0 => M_{Z_2} = 0 \;;$

$X_2 = 2,5m => M_{Z_2} = V_B \,.2,5 = 40 \,.\, 2,5 = 100KN.m$

دMz په دیاگرام کې دټوپ اندازه باید مساوي له وارده متمرکزه خارجي مومنټ سره وي .

د Mz او Qy دپیدأ شوو قیمتونو څخه دهغې دیاګرامونه رسموو(26.6-شکل).

5.مثال: یوګاډر چې په دوو اتکأوو متکې دی، دA اتکأیې غیرخوځنده مفصلي اود B اتکأیې خوځنده مفصلي ده (6.27-شکل) د Aپه اتکأ کې دمتمرکزه مومنټ په واسطه بار شویدي.په هغه صورت کې چې M=160KN.m وي،نوMzاوQyپیدأ اودیاګرامونه یې رسم کړي ؟

حل: لومړي یې عکس العملونه پیدأ کوو:

$$\sum M_A = 0 \quad ; \quad -V_B.L + M = 0 => V_B = \frac{M}{L} = \frac{160}{4} = 40KN$$

$$\sum M_B = 0 \quad ; \quad V_A.L + M = 0 => V_A = -\frac{M}{L} = -\frac{160}{4} = -40KN$$

پورتني ګاډر له یوې برخې جوړشویدې نویوازي یوه غوڅه یې اخلو:-

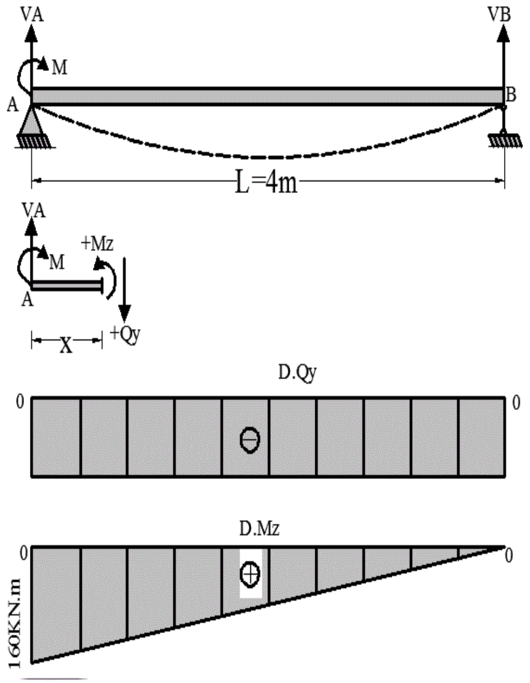
$Q_y - V_A = 0 \;;\; Q_y = V_A = -40KN$

$M_z - V_A \,.X - M = 0 => M_z = V_A \,.X + M =>$

$X = 0 \;;\; M_z = M = 160KN.m =>$

$X = L => \; M_Z = V_A \,.X + M = -40 \,.\; 4 + 160 = 0$

له پیدأ شوو قیمتونو یې دیاګرامونه یې رسموو(27.6 -شکل).



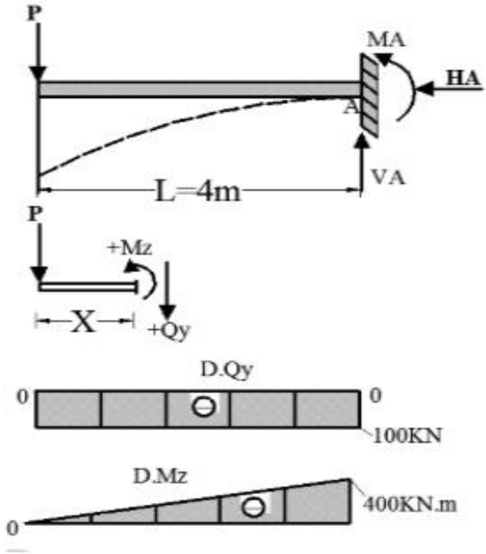
27.6-شکل: دMz اوQy دیاګرامونه

6.مثال: یوکنسولي ګاډر چې یوسر یې آزاداوبل سر یې محکم(Fixed support)تړل شویدي (6.28-شکل)، د P=100KN په واسطه بارشویدي، Mz او Qy یې پیدأ اودیاګرامونه یې رسم کړئ ؟

حل: پدې ډول مثالو کې کولي شو چې عکس العملونه پیدأ نکړو،خوبیا هم دV_Bاو M_B دنمونې په ډول پیدأ کوو:

$$\sum Fy = 0 \ ; \ V_B - P = 0 => V/_A = P = 100KN$$

$$\sum M_A = 0 \ ; \ M_A + P.\ L = 0 => M_A = -P.\ L = -400KN.m$$



28.6–شکل: دMz اوQy دیاګرامونه

I–I Section:

$Q_y + P = 0 => Q_y = -P = -100KN$

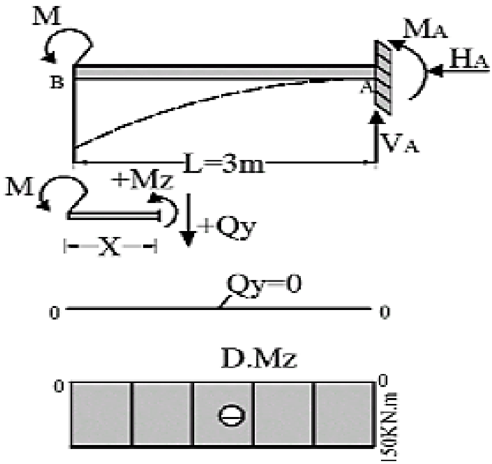
$M_z = -P.X$;

$X_1 = 0$; $M_{Z_1} = 0 => X = L => M_{Z_2} = -P.L = -400KN.m$

له پيدأ شووقيمتونودياګرامونه رسم کوو.پورتني (28.6–شکل).

7.مثال: يوکنسولي ګاډر چې يوسر يې آزاد اوبل سر يې په ثابته اتکأ کې محکم تړل شويدي دمتمرکزه مومنټ تر اغېزې M=150KN.m لاندې راغلي دی ، د Mz او Qy مقدارونه دګاډر په عرضی مقطع کې پيدأ اوډياګرامونه يې رسم کړئ (–29.6شکل).[3].

حل:– اول يې عکس العملونه پيدأ کوو:



29.6– شکل: دMz او Qy دياګرامونه

$$\sum Fy = 0\ ;\ \ V_B = 0$$
$$\sum MA = 0\ => MA + M = 0 => MA = -M = -150KN.m$$

دغوځې طريقې څخه ګټه اخلو اوداخلي فکتورونه يې پيدأ کوو:

I–I Section:

$$Q_y = 0\quad ;\qquad M_{Z1} + M = 0 => M_{Z1} = -M = -150KN.m$$

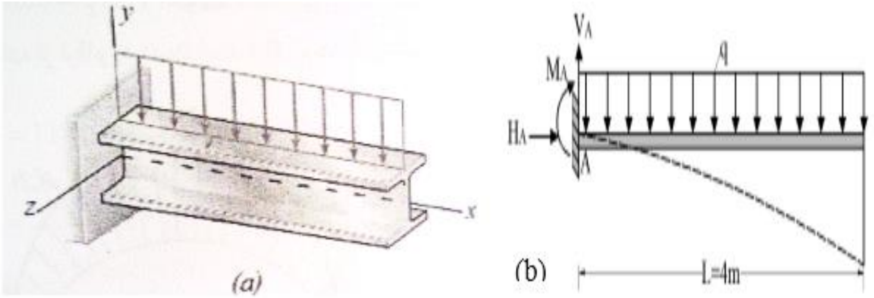
له ښي خوايې هم قطع کوو لرو چې:

$$Q_y + V_A = 0 => Q_y = -V_A = 0$$
$$M_{Z1} - M_A = 0 => M_{Z1} = M_A = -150KN.m$$

8.مثال: يوIډوله ګاډر چې يوسر يې آزاد اوبل سريې په سخته اتکأ کې محکم شويدې ، دمنظم وېشلي بار q=20KN/m په واسطه بار شويدې(30.6 –شکل) ، Mz او Qy دعرضی مقطع دګاډر محاسبه اوديا ګرامونه يې رسم کړئ ؟[2].

حل: دګاډر محاسبوي شېما ترتيب اورسم کوو(30.6 b– شکل) .

لیدل کېږي چې د Aپه ثابته اتکاً کې درې عکس العملونه موجود دي چې پدې حالت



30.6–شکل: Iډوله ګاډر اومحاسبوي شېما

کې دوه يې دمحاسبې وړدې.

$$\sum Fx = 0 \ ; \ \ H_X = 0$$

$$\sum Fy = 0 \ ; \ \ V_A - q.L = 0 = V_A = q.L = 20\ .\ 4 = 80KN$$

$$\sum M_A = 0 \ ; \ \ M_A + q.L.\left(\frac{L}{2}\right) = 0 => M_A = -\frac{qL^2}{2} = \frac{-20\ .\ 4^2}{2}$$
$$= -160KN.m$$

اوس دغوڅې له طريقې څخه ګټه اخلواودګاډر دعرضي مقطعې په بيلا بيلو برخو کې Mz او Qy شمېرو:

$Q_y - q.x = 0$; $M_z + q.{x^2}/{2} = 0$

X=0 ; Qy=0 ; Mz= 0

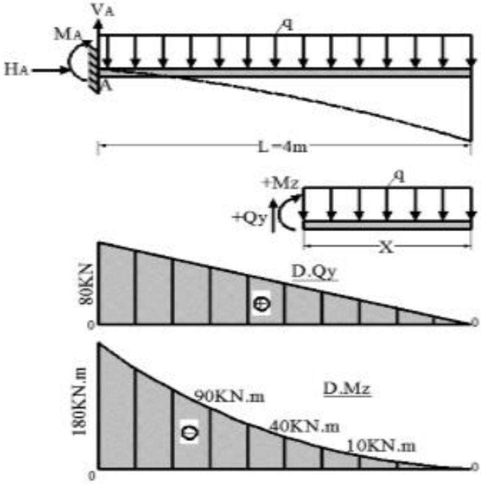
X=L ; Qy=q.L=80 KN ; $Mz = -q.{L^2}/{2} = -160KN.m$

ددې لپاره چې دياګرام دقيق رسم کړو ، X ته بيلا بيل قيمتونه ورکوو:

X=L/4 ; $Mz = -q.\frac{({L}/{4})^2}{2} = -q.\frac{(L)^2}{32} = -20\frac{(4)^2}{32} = -10KN.m$

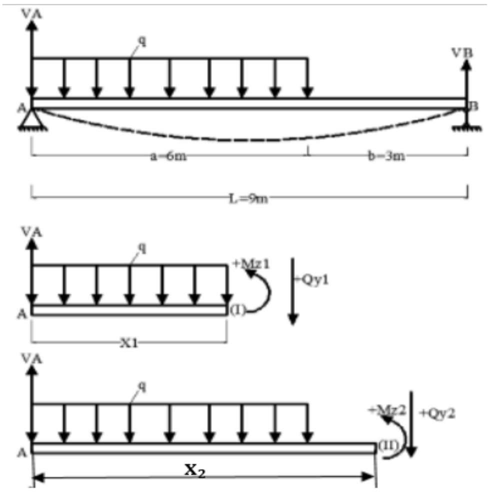
X=L/2 ; $Mz = -q.\frac{({L}/{2})^2}{2} = -q.\frac{(L)^2}{8} = -20\frac{(4)^2}{8} = -40KN.m$

$X=3L/4 \quad ; \quad Mz=-q.\frac{\left(^{3L}/_{4}\right)^2}{2}=-q.\frac{(9L)^2}{32}=-20\frac{(9\ .\ 4)^2}{32}=-90KN.m$



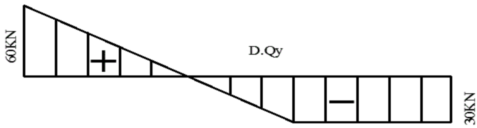
31.6– شکل: دګاډر محاسبوي شېمادMz اوQy دیاګرامونه

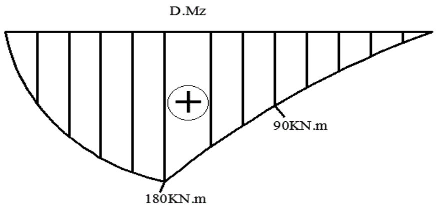
9.مثال: یوګاډرچې په دوواتکأوو متکې دی ، د A اتکأ یې غیري متحرکه مفصلي اودB اتکأ یې متحرکه مفصلي ده (32.6–شکل) ،دوېشلي منظم بار تر اغېزې یې د(AC) برخه قرار لري چې q=15KN/m دی ،دکوږوالي مومنټ او عرضي قوه یې پیدأ کړي اودیاګرام یې رسم کړئ ؟[2].



حل: اول یې عکس العملونه پیدأ کوو:

$$\sum M_A = 0 \ ; \ -V_B \ . \ L + q \ . \ a.\frac{a}{2} \ = 0 => V_B = \frac{q.a^2}{2.L} = 15 \ .\frac{36}{18} = 30KN$$





$$\sum M_B = 0 \ ; \ V_A \ . \ L - q \ . \ a(\frac{a}{2} + b) \ = 0 => V_A = \frac{q \ . \ a(\frac{a}{2} + b)}{L}$$
$$= 60KN$$

کنترول:-

$$\sum F_y = 0 \ ; \ V_A + V_B - q \ .a = 0 => 60 + 30 - 15.6 \ = 0 => 0$$

32.6 – شکل: دMz اوQy دیاګرامونه غوڅې اوګاډر

اوله غوڅه :

I–I Section:

$Q_{y_1} – V_A + q.x_1 = 0$

$M_{Z_1} – V_A \ .X_1 + q.x_1.\frac{x_1}{2} = 0$

$X_1 = 0 \ ; \ Q_{y_1} = V_A = 60KN \quad ; \quad M_{Z_1} = 0$

$X_1 = a \ ; \ Q_{y_1} = -30KN \quad ; \quad M_{Z_1} = \ V_A \ . \ a - q\frac{a^2}{2} = 360 - 270$
$= 90KN.m$

دوهمه غوڅه :

II–II Section:

$$Q_{y_2} - V_A + q\,.\,a = 0 \quad ; \quad M_{Z_2} = V_A\,.X_2 - q.a\left(X_2 - \frac{a}{2}\right) = 0$$

$$X_2 = a \;;\; Q_{y_2} = V_A - q\,.\,a = -30KN \quad ; \; M_{Z_2} = V_A\,.a - q.a\left(a - \frac{a}{2}\right)$$
$$= 90KN.m$$

$$X_2 = L \quad ; \; M_{Z_2} = V_A\,.L - q.a\left(L - \frac{a}{2}\right) = 540 - 540 = 0$$

$$X_2 = \frac{L}{2} \quad ; \; M_{Z_2} = V_A\,.\frac{L}{2} - q.a\left(\frac{L}{2} - \frac{a}{2}\right) = 135KN.m$$

$$X_2 = \frac{a}{2} \quad ; \; M_{Z_2} = V_A\,.\frac{a}{2} - q.a\left(\frac{a}{2} - \frac{a}{2}\right) = 180KN.m$$

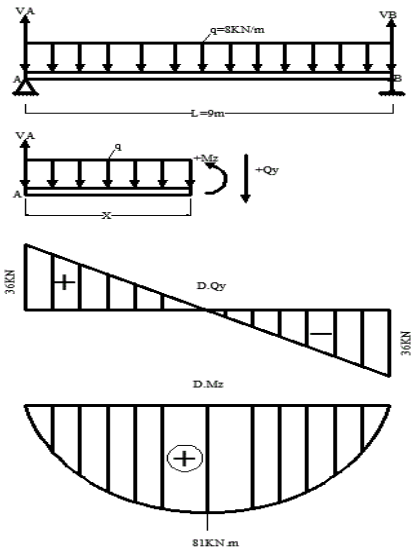
اوکه محاسبه له ښي خوا ترسره کړو نو :

$$Q_y = -V_B = -30KN$$

$$M_Z = V_B\,.\,X \;;\quad X = 0 \;\; => M_Z = 0 \quad ; \quad X = b \;\; => M_Z = V_B\,.b$$
$$= 90KN.m$$

دپورته لاسته راغلو قیمتونو له مخې د M_Z او Q_y دیاګرامونه رسموو(32.6 –شکل).

10.مثال: یوګاډرچې دیوډول وېشلي قوې تراغېزې لاندې راغلي دې دکوږوالي مومنټ اوعرضي قوې مقدارونه یې پیدأ اودیاګرامونه یې رسم کړئ؟(33.6–شکل).[2].



حل: دمثال حل اول دعکس العملونو دپیدأ کولوڅخه شروع کوو:

$$\sum M_A = 0\ ;\ V_B\,.\,L - q\,.\,L.\frac{L}{2} = 0 \Rightarrow V_B = \frac{q.\,{}^{L^2}/_2}{L} = \frac{8\,.\,{}^{81}/_2}{9} = 36KN$$

$$\sum M_B = 0\ ;\ -V_A\,.\,L + q\,.\,L\,.\frac{L}{2} = 0 \Rightarrow V_A = \frac{8\,.\,{}^{81}/_2}{9} = 36KN$$

$$\sum F_y = 0\ ;\ V_A + V_B - q\,.\,L = 0 \Rightarrow 36 + 36 - 72 = 0 \Rightarrow 72 - 72 = 0 = 0$$

داچې ګاډر له يوې برخې څخه جوړ شوي دې نو يوه غوڅه يې ترسره کوو اوشمېرو يې:

اوله غوڅه :

I–I Section: –

$$Q_{y} - V_A + q.x = 0 \quad ; \quad Q_y = V_A - q.x$$

$$M_Z - V_A\,.x + q.\frac{x^2}{2} = 0 \quad ; \quad M_Z = V_A\,.x - q.\frac{x^2}{2}$$

$$x = 0\ ;\ Q_y = V_A = 36KN \quad ; \quad M_Z = 0$$

$$X = \frac{L}{4}\ ;\ Q_y = V_A - q.\frac{L}{4} = 36 - 8\,.\frac{9}{4} = 18KN$$

$$X = \frac{L}{4}\ ;\ M_Z = V_A\,.\frac{L}{4} - \frac{{}^{L^2}/_{16}}{2}q = 81 - 20{,}25 = 60{,}75KN.m$$

$$X = \frac{L}{2}\ ;\ Q_y = 36 - 36 = 0$$

$$X = \frac{L}{2}\ ;\ M_Z = 162 - 81 = 81KN.m$$

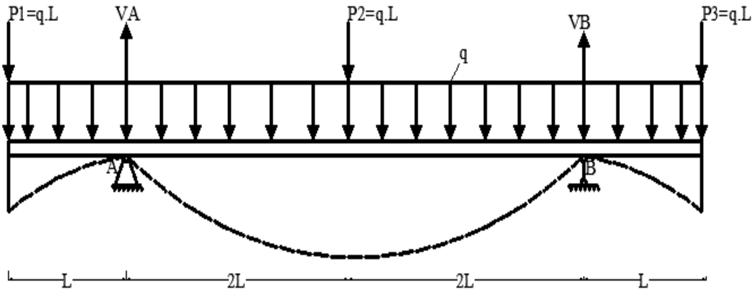
$$X = \frac{3}{4}L\ ;\ Q_y = 36 - 8\,.\frac{3}{4}.9 = -18KN$$

$$X = \frac{3}{4}L\ ;\ M_Z = 60{,}75KN.m$$

$$X = L\ ;\ Q_y = 36 - 72 = -36KN \quad ; \quad Mz = 0$$

پورته محاسبه شوي داخلي فکتورونه دګاډر په دقيق ډول په يو مقياس سره رسمووادودياګرامونه يې ترتيب کوو(33.6–شکل).

11.مثال: یوګاډر چې دواړه سرونه یې کنسولونه لري په وېشلي اومتمرکزه بار باندې بارشویدی(34.6-شکل)، دکوږوالي مومنټ اوعرضي قوې اپیورونه یې رسم کړئ؟[2].



حل: اتکأ یز عکس العملونه یې له عددې قیمتو نوڅخه په لاس راوړو اویا په بل ډول حروفي شکل یې په لاس راوړو:

$$\sum M_A = 0\ ;\ V_B\ .\ 4L - P_3\ .\ 5L - P_2 . 2L - q\ .5L\frac{5L}{2} + q\ .L\ .\frac{L}{2} + P_1\ .L\ = 0 =>$$

$$V_B = 4{,}5\ q.L$$

$$\sum M_B = 0\ ;\ - V_A\ .\ 4L + P_1\ .\ 5L + q\ .5L\frac{5L}{2} + P_2\ .2L - P_3\ .\ L - \frac{q\ L^2}{2}\ = 0 =>$$

$$V_A = 4{,}5\ q.L$$

دغوڅې له میتود څخه ګټه اخلو داخلې قوې (Qy) اوداخلې مومنټونه (Mz) په عرضي مقطع دګاډر کې پیدأ کوو:

اوله غوڅه :

I –I Section:

$$Q_{y_1} + P_1 + q.x_1 = 0 \quad ; \quad Q_{y_1} = -P_1 - q.x_1$$

$$M_{Z_1} + P_1\ .X_1 + q.\frac{{x_1}^2}{2} = 0 \quad ; \quad M_{Z_1} = -P_1\ .X_1 - q.\frac{{x_1}^2}{2}$$

$X_1 = 0 \;;\; Q_{y_1} = -P_1 = -qL \;;\; M_{Z_1} = -1{,}5\frac{q.\,L^2}{2}$

$M_{Z_1} = 0 \qquad Q_{y_1} = -2ql$

II–II Section: دوهمه غوځه:

$Q_{y_2} = -P_1 + V_A - q\,.\,x_2 \;;\; M_{Z_2} = -P_1.x_2 + V_A(x_2 - L) - q\frac{{x_2}^2}{2}$

$X_2 = L \;;\; Q_{y_2} = 2{,}5\,q.L \;;\; M_{Z_2} = -1{,}5\,q\frac{L^2}{2}$

$X_2 = 3L \;;\; Q_{y_2} = 0{,}5\,q.L \;;\; M_{Z_2} = 1{,}5\,q\frac{L^2}{2}$

دریمه غوځه له ښې خوا محاسبه کوو:

III–III Section:

$Q_{y_3} = P_3 + q\,.\,x_3 \;;\; M_{Z_3} = -P_3.x_3 - q\frac{{x_3}^2}{2}$

$X_3 = 0 \;;\; Q_{y_3} = P_3 = q.L \;;\; M_{Z_3} = 0$

$X_3 = L \;;\; Q_{y_3} = 2q.L \;;\; M_{Z_3} = -1{,}5\,q.L$

ددریمې غوځې په شان څلورمه غوځه هم له ښې خوا څخه اجرأ کوو:

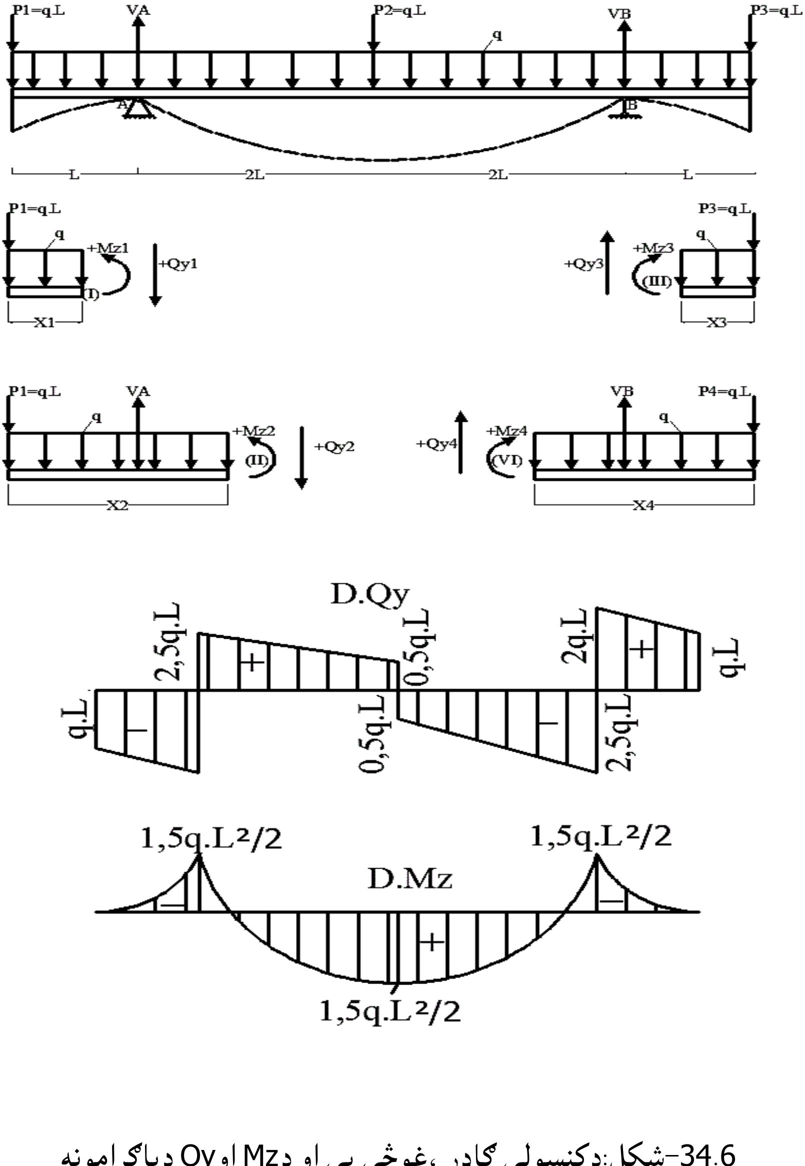
VI–VI Section:–

$Q_{y_4} = P_3 - V_B + q\,.\,x_4 \;;\; M_{Z_4} = -P_3.x_4 + V_B(x_4 - L) - q\frac{{x_4}^2}{2}$

$X_4 = L \;;\; Q_{y_4} = -2{,}5q.L \;;\; M_{Z_4} = -1{,}5\,\frac{q.L^2}{2}$

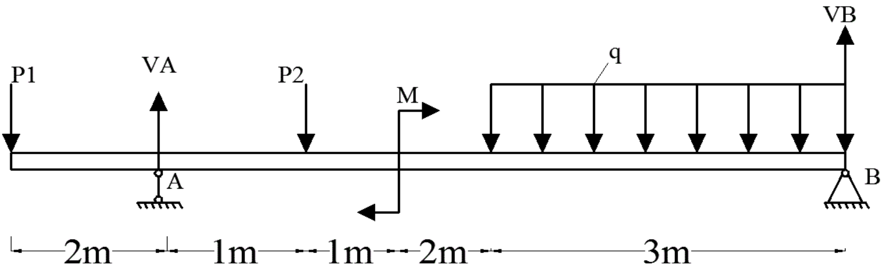
$X_4 = 3L \;;\; Q_{y_4} = -0{,}5\,q.L \;;\; M_{Z_4} = 1{,}5\frac{q.L^2}{2}$

شمېرل شوي مقدارونه د Mz اوQy په ترتیب سره يې اپيورونه يا دياګرامونه رسموو(34.6–شکل).



34.6–شکل:دکنسولي ګاډر ،غوځې يې او دMz اوQy دياګرامونه

12.مثال: لاندې ګاډر چې دمختلفو قوو اومومنتونو ($P_1 = 3KN$، $P_2 = 1,5KN$، $q = 2KN/m$ او $M=5,1KN.m$) تراغېزې لاندې راغلی دی، دکوږوالي مومنټ(M_z)اوعرضي قوه (Q_y)اپيورونه يې رسم کړئ؟(35.6–شکل).



حل: په لومړي سر کې يې عکس العملونه پيدأ کوو:

$$\sum M_A = 0 \ ; \quad P_1 \, . \, 2 - P_2 \, . \, 1 - M - q \, . 3 \, . \, 5,5 + V_B \, . \, 7 = 0 => V_B = 4,8 \ KN$$

$$\sum M_B = 0 \ ; \quad P_1 \, . \, 9 + P_2 \, .6 - M + q \, .3 \, .1,5 - V_A \, .7 = 0 => V_A = 5,7 \ KN$$

کنترول:

$$\sum F_y = 0 \ ; \ -3 + 4,8 - 1,5 - 6 + 5,7 = 0 = 0$$

اوس يې دغوڅې له طريقې داخلې قوې پيدأ کوو:

I–I Section:

$Q_{y_1} + P_1 = 0 \quad ; \quad Q_{y_1} = -P_1 = -3KN$

$M_{Z_1} + P_1 \, .X_1 \quad ; \quad M_{Z_1} = -P_1 \, .X_1$

$X_1 = 0 \ => \ M_{Z_1} = 0 \quad ; \quad X_1 = 2m \ => \ M_{Z_1} = -6KN.m$

II–II Section:–

$Q_{y_2} = -P_1 + V_A = 2,7KN \quad ; \quad M_{Z_2} = -P_1 . x_2 + V_A (x_2 - 2)$

$X_2 = 2m \ => \ M_{Z_2} = -P_1 . 2 = -6KN.m$

$X_2 = 3m \ => \ M_{Z_2} = 3,3KN.m$

III−III Section:

$$Q_{y_3} = -P_1 + V_A - P_2 = 1{,}2KN \quad ; \quad M_{Z_3} = -P_1 . x_3 + V_A(x_3 - 2) - P_2 . x_3$$

$X_3 = 3m \Rightarrow \; M_{Z_3} = -3{,}3KN.m$

$X_3 = 4m \Rightarrow \; M_{Z_3} = -2{,}1KN.m$

VI−VI Section:−

$$Q_{y_4} = -P_1 + V_A - P_2 = 1{,}2KN \quad ; \quad M_{Z_4} = -P_1 . x_4 + V_A(x_4 - 2) - P_2(x_4 - 3) + M$$

$X_4 = 4m \Rightarrow \; M_{Z_4} = 3KN.m$

$X_4 = 6m \Rightarrow \; M_{Z_4} = 5{,}4KN.m$

V−V Section:

$$Q_{y_5} = -V_B + q . x_5 \quad ; \quad M_{Z_5} = V_B . \; x_5 - q\frac{{x_5}^2}{2}$$

$X_5 = 0 \quad ; \quad Q_{y_5} = -V_B = -4{,}8KN \quad ; \quad M_{Z_5} = 0$

$X_5 = 3m \quad ; \quad Q_{y_5} = 1{,}2KN \quad ; \quad M_{Z_5} = 5{,}4KN.m$

داعظمي قيمت دپيدأ كولو لپاره دعرضي قوې معادلې ته په صفر سره قرار وركوو يا دعرضي قوې په دياګرام کې چې عرضي قوه له صفري يا سرحدې کربنې له منفي څخه مثبت لوري ته تېرېږي نو$Q_{y_5} = 0$ وي اودMz په دياګرام کې په همدې فاصله مومنت اعظمي وي،يا:

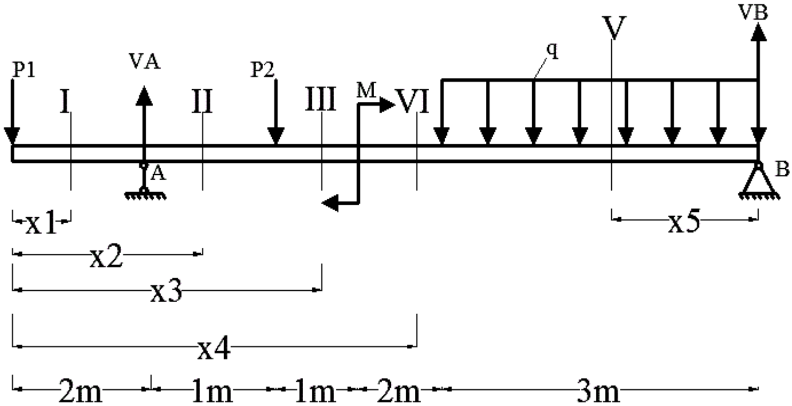
$$Q_{y_5} = 0 \;\Rightarrow\; -V_B + q . x_5 = 0 \Rightarrow V_B = q . x_5 \Rightarrow x_5 = \frac{V_B}{q} = \frac{4{,}8KN}{\frac{2KN}{m}}$$

$$\Rightarrow x_5 = 2{,}4m$$

$$x_5 = 2{,}4m \Rightarrow M_{Z_5} = 4{,}8 . \; 2{,}4 - \frac{2(2{,}4)^2}{2} \Rightarrow M_{Z_5} = 11{,}52 - 5{,}76 = 5{,}76KN.m$$

$M_{Z_5} = M_{max} = 5{,}76KN.m$

د شمېرل شويو قيمتونو له مخې د Mz او Qy دياګرامونه رسموو(35.6– شکل).



35.6–شکل:ګاډري شېما ،غوڅې يې او دMz اوQy دياګرامونه

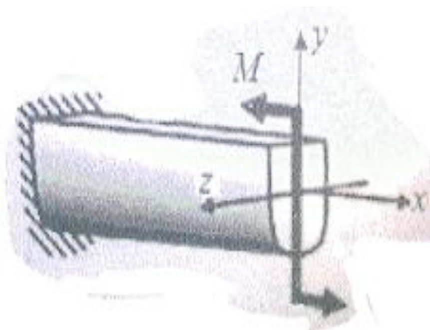
5.6:دګاډرونو دکوږوالي په صورت کې نارملي تشنجات

په سوچه کوږوالي کې دنارملي تشنج ټاکنه :

ددې هدف لپاره دګاډرونو په کوږوالي کې اټکلوو چې :

1. دګاډرمحور چې دهغه دټولو عرضي مقطعونه تېرېږي ، دشکل تر بدلون پورې بايد مستقيمه کرښه وي .

2.دکوږ شوي ګاډر لپاسه ټولې بهرنۍ قوې په يوه سطحه کې چې دهغې دمحور څخه تېرېږي پرتې دي .



36.6–شکل:دسوچه کوږوالي حالت

3.دګاډر عرضي مقطعې نسبت هغې سطحې ته متناظرې دي ، چې بهرنۍ

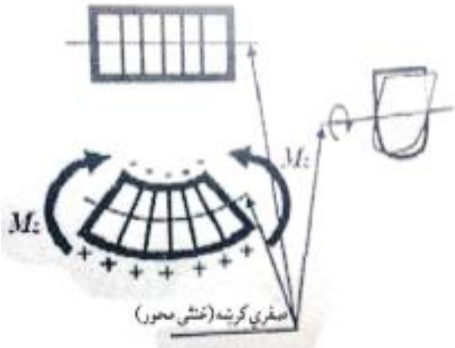
قوې پکې پرتې دي.

کوم کوږوالي چې دهغې په نتیجه کې په عرضي مقطع کې عرضي قوه صفر شي ، اویواځې دکوږوالي مومنټ پیښ شي ،ورته سوچه کوږوالي(Pure bending or flexure) وایې.یاپه بل ډول :دکوږوالي دشکل بدلون ساده ډول سوچه کوږوالي دې . په ګاډرونو کې سوچه کوږوالي یواځې دمتمرکزه مومنټ له اغېزې منځته راځې اونور پنځه دداخلي قوو فکتورونه مساوي له صفر سره وي . دسوچه کوږوالي لپاره یو ګاډر چې دمتمرکزه مومنټ تر اغېزې لاندې پروت دې ګورو(36.6- شکل).

په سوچه کوږوالي کې دتشنجاتودمقداردپیدأکولولپاره لاندې فرضیې په پام کې نیسو:

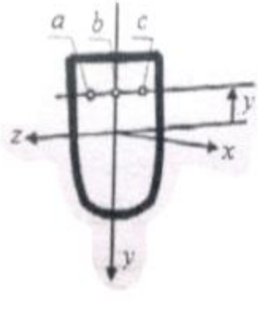
الف. دمقطع دمسطح والي فرضیه (دبرنولي فرضیه):

ددې فرضې په بنأ داسې تصور کېږي چې دګاډر مقطع مخکې دشکل له بدلون اووروسته دشکل له بدلون څخه مسطحه پاتې کېږي اویواځې دخنثی محور په چاپیر تاویږي ، پدې حالت کې انساج یا تارونه چې په دوه خواوو کې پراته دي دخنثی محور



37.6–شکل

لاندې اوپورته یا کش کېږي اویا سره ټولیږي ،اوهغه تارونه چې په خنثی محور باندې پراته دي ، بې له تغیره پاتې کېږي(37.6- شکل) .



38.6–شکل: په سور دګاډر کې دتشنجاتو ثابتوالي

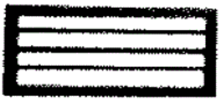
ب. دنارملي تشنجاتو دثابت پاتې کیدو فرضیه :

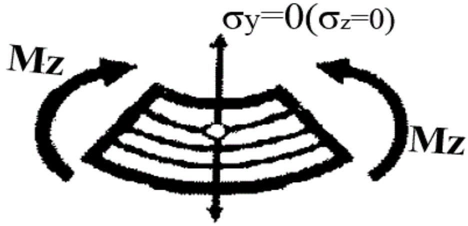
ددې فرضيې په بنأ په يوه عرضي مقطع دګاډر کې راپيدأ شوي تشنجات چې دy په فاصله دخنثی محور څخه پراته دي په ټول سور (عرض) دګاډر کې ثابت دې (38.6– شکل):

$$\sigma_a = \sigma_b = \sigma_c$$

ج- دجانبې فشار نه موجوديت فرضيه :

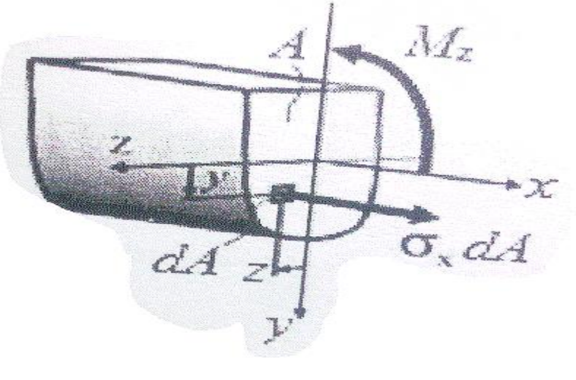
ددې فرضيې په بنأ فرض کېږي چې منحني شوي انساج (تارونه) يا هغه تارونه چې تغير شکل يې کړي دي يودبل لپاسه فشار نه راوړي (39.6– شکل).





39.6 –شکل:دکږوشويوانساجويوپر بل باندې دفشارنه موجوديت

دنارملي تشنجاتو دپيدأ کولو لپاره مسله دستاتيکې نظري له مخې څېړو :ددې کار لپاره (35.6 –شکل) دغوڅې دطريقې څخه په ګته اخيستلو ، عرضي مقطع په خيالي ډول غوڅوو(40.6 –شکل) پدې شکل کې ليدل کېږي ، چې دخارجي مومنټ (M) له اغېزې يوائې دکوږوالی مومنټ (Mz)



پيدا کېږي.

دګاډر په عرضي مقطع کې دنارملي تشنجاتو تر منځ داړيکو لپاره يوه کوچنې برخه د dA جدا کوواوداخلي قوې يې دستاتيکې معادلو څخه په لاس راوړو (دکار دآسانتيا پخاطر د y محور جهت لاندې خواته انتخابوو).

40.6 –شکل:دګاډر فرضي غوڅه

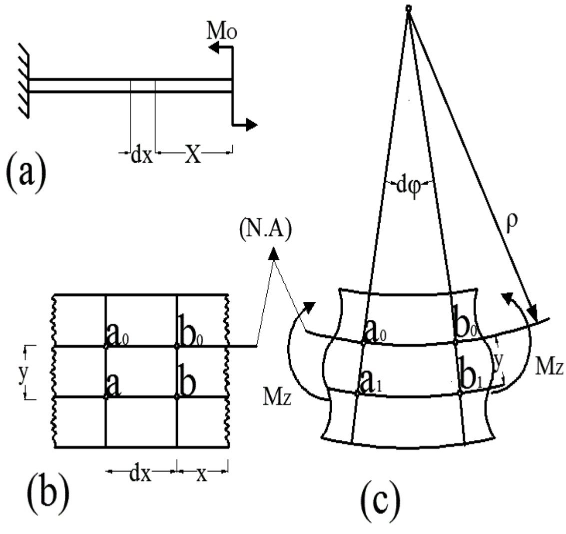
$$\sum F_x = 0 \;;\quad N = 0 => \int_A \sigma_x \,.\, dA = 0$$

$$\sum M_y = 0 \;;\quad M_y = 0 => \int_A \sigma_x \,.\, Z \,.\, dA = 0$$

$$\sum M_Z = 0 \;;\quad M_Z = M_0 => \int_A \sigma_x \,.\, y \,.\, dA = M_0$$

څرنګه چې په ګاډر باندې يوائې دکوږوالي مومنټ عمل کړيدې ، نو داخلي امتدادې قوې يې له صفر سره مساوي دې دنورو پارامترو دپيدا کولو لپاره دګاډر دشکل بدلون دهندسې له نقطې نظره څېړو : ددې کار لپاره هغه ګاډرچې په متمرکزه مومنټ باندې بار شويدې يوه برخه يې د dx په اوږدوالي مطالعه کوو(41.6– شکل) .

په هغه صورت کې چې دکوږوالي شکل بدلون په ګاډر کې منځته رائې ، نو عرضي مقطع دګاډر نسبت صفري کرښې ته [(N.A) Natural Axis يا هغه محور چې تشنجات په هغه کې صفر وي)] د dφ زاويې په اندازه دوران کوي .



41.6-شکل:دګاډر دdx په اوږدوالي یوه برخه

پدې حالت کې تار د ab چې دصفري کرښې څخه د y په فاصله پروت دې د a_1b_1 په قوس باندې بدلیږي اود اوږدوالي اندازه یې ډیره کمه زیاتیږي . دیادولو ده ، چې داوږدوالي اندازه دهغه تار چې په صفري کرښه (خنثی محور) باندې پروت دې ، بې له کوم تغیره پاتې کیږي اویابدلون نه مومي .لدې سببه د a_0b_0 قوس اندازه هغه ده چې مخکې له تغیره وه ، چې $a_0b_0 = dx$ اودکوږوالي یعني انحنأ شعاع له خپل ځایه اندازه اخیستل کیږي.دګاډر دab تار چې کوږشوي دې ، نسبې تغیر شکل یې په لاندې ډول پیدأ کیږي:

$$\varepsilon_x = \frac{a_1b_1 - a_0b_0}{a_0b_0} = \frac{(\rho + y).d\varphi - \rho\ .\ d\varphi}{\rho\ .\ d\varphi} = \frac{y}{\rho}$$

په کوږوالي کې تشنجات دهوک قانون په اساس پدې ډول دې:

$$\sigma = E.\varepsilon_x => \ \sigma = E\ \frac{y}{\rho}$$

پورتني فورمول ته یې په لاندې ډول لیکو:

$$N = \int_A \sigma_x \,.\, dA = 0 => \frac{E}{\rho}\int_A y \,.\, dA = \frac{E}{\rho} . S_Z$$

څرنګه چې صفري کرښه دګاډر دثقل له مرکز څخه تېره شویده ،نو په دې اساس یې ستاتیکي مومنټ صفر دې پس: $N = \frac{E}{\rho} . S_Z = 0$

دکوږوالی مومنټ نسبت د y محور ته په لاندې ډول دې:

$$M_y = \int_A \sigma \,.\, Z \,.\, dA => \frac{E}{\rho}\int_A y \,.\, Z \,.\, dA = 0 => \mathcal{J}_{yz} = 0$$

له پورته رابطې څخه دې پایلې ته رسیږو چې دمرکز څخه دتښتیدونکې (فرار المرکز)انرشیایې مومنټ نسبت عمده محورونو (هغه محورونه چې دثقل مرکز څخه تېرېږي)ته مساوي له صفر سره دې:

$$M_y = 0 => M_Z = \int_A \sigma \,.\, y \,.\, dA = M_0 => \frac{E}{\rho}\int_A y^2 \,.\, dA = M_0 => M_Z = \frac{E}{\rho}\mathcal{J}_Z$$

دپورتني رابطې څخه دې پایلي ته رسیږو چې د X اوY محورونه دګاډر دعرضي مقطعې مرکزي عمده محورونه دې اوصفري کرښه (خنثی محور)دمقطع دثقل له مرکز څخه تېرېږي .

له آخیري رابطې څخه موندلی شو چې: $\frac{1}{\rho} = \frac{M_Z}{E \,.\mathcal{J}_Z}$

له پیدأ شوو قیمتونو دوضع کولو څخه وروسته نارملي تشنجات پیدأ کېږي: $\sigma = \frac{M_Z \,.\, y}{\mathcal{J}_Z}$

دصفري کرښي په نقطو کې نارملي تشنجات مساوي له صفر سره دې ، اوکه $y = y_{max}$ اعظمي قیمت اختیار کړیدې نو :

$$|\sigma|_{max} = \frac{|M_Z| \,.\, |y_{max}|}{\mathcal{J}_Z} = \frac{|M_Z|}{W_Z}$$

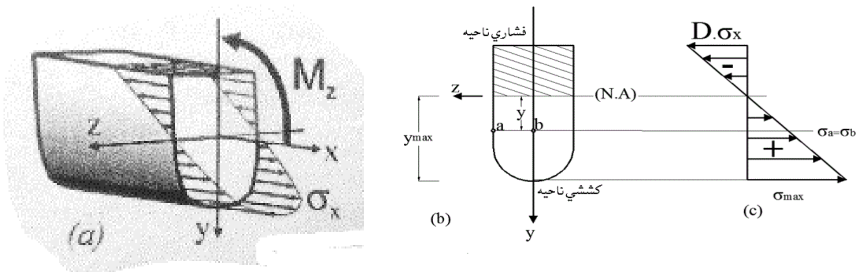
ډېر وختونه دکوږوالي مومنټ په Mx سره ښایې ، نو کولی شو چې ولیکو :

$$|\sigma|_{max} = \frac{|M_x| \cdot |y|_{max}}{\mathcal{J}_x} = \frac{|M_x|}{W_x}$$

دلته W_Z– مقاومت محوري مومنټ دې او دمستطیلی مقطعې لپاره په لاندې ډول پیدأ کیږي:

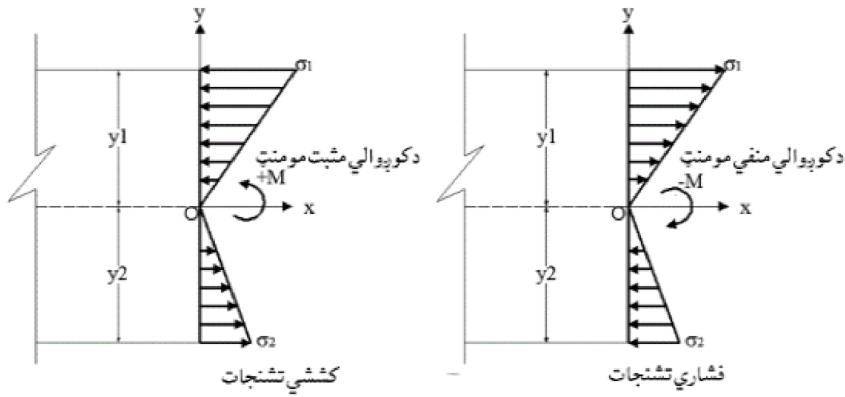
$$W_Z = \frac{\mathcal{J}_Z}{|y|_{max}} = \frac{\mathcal{J}_Z}{h/2} = \frac{bh^3}{12} \div \frac{h}{2} = \frac{bh^2}{6} \, [cm^3 \, , m^3]$$

دنارملي تشنجاتو دیاګرام یې په لاندې ډول رسموو:(42.6–شکل).



42.6–شکل:دګاډر په مقطع کې دنارملي تشنجاتو دیاګرام.

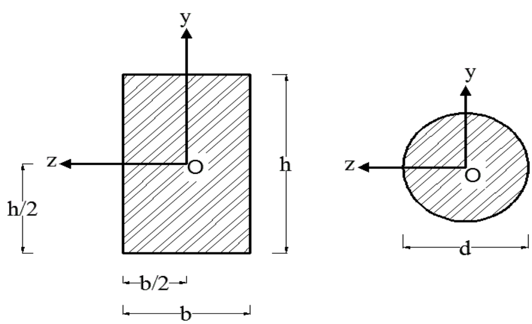
که چیرې صفري کرښه یو بل موقیعت اختیار کړي (له منځنې برخې څخه لاندې) ،نارملي تشنجات دکوږوالي مومنټ له اغېزې دګاډر په عرضي مقطع کې په لاندې ډول دې(43.6–شکل).



43.6– شکل: دګاډر په مقطعو کې فشاري او کششي تشنجات.

که چېرې دګاډر مقطع دتناظر محور لرونکې وي د(44.6 –شکل) پدې صورت کې دنارملي تشنجاتو مقدار مساوي دې په :

$$\sigma_{max} = \frac{M}{W_z}$$

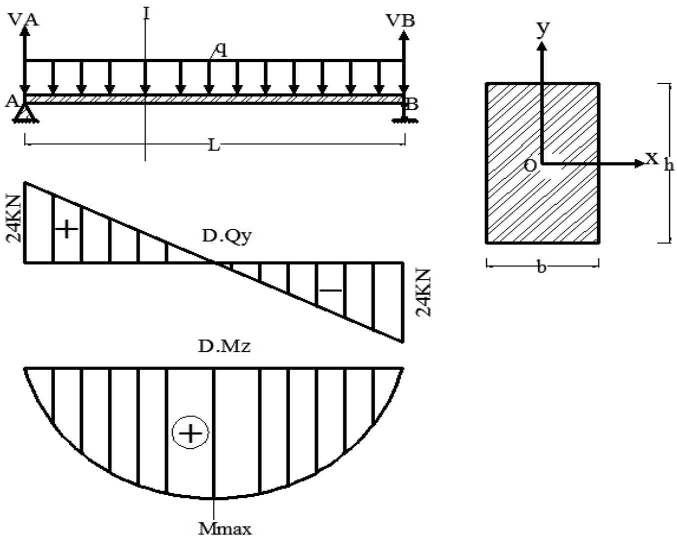


44.6–شکل:دتناظر محور درلودونکې مقطعې دګاډر .

په کوږوالي کې هغه وخت محکم والي دګاډر تامین کیداي شي چې محاسبوي تشنجات کوچني یا مساوي له مجازي تشنجاتو څخه وي. مجازي تشنجات دټولوموادو لپاره دتجربې له مخې پیدأ کېږي چې همدې مسلې ته دمحکم والي شرایط وایې: $|\sigma|_{max} = \frac{|M_z|}{W_z} \leq [\sigma]$.

علاوه پردې چې تشنجات معلوم وونکې (تعین کوونکې) دمحکمي او مقاومت دجسم په مقابل دشکل بدلون کې دې، دنارملي تشنجاتو خاصتاً دمجازي تشنجاتو مقدار دفورمولو څخه په ګټه اخستنې سره ، چې هغه هم دهر ډول موادو لپاره دتجربې په اساس لاس ته راځي، کولی شو چې له هغې دګاډر دعرضي مقطعې اندازې هم په لاس راوړ.[2],[4].

13.مثال: دلرګي يو ګاډر چې ددوو اتکأ ګانو له پاسه د $q = 8\ KN/m$ منظم وېشلي بار تر اغېزې لاندې پروت دی په پام کې نيسو (45.6)شکل ، که دګاډر اوږدوالي L=6m اوعرضي مقطعې ابعاد يې b =24cm اوh=30cm وي، ډېر زيات نارملي تشنج رېتاکئ ؟[2].



45.6−شکل.ګاډردمنظم وېشلي بارلاندې،اپيورنه اوعرضي مقطع

حل: لومړی اتکأ يز عکس العملونه په لاس راوړو اوبيا عرضي قوې اودکوږوالي مومنټونه شمېرو ،اودهغې له مخې يې دياګرامونه کاږو ،له دياګرام څخه ليدل کېږي،چې دکوږوالي مومنټ ډېر زيات قيمت دوايې په منځ کې دې:

$$\sum M_B = 0\ ;\ V_A\,.\,L - q\,.\,L\,.\frac{L}{2} = 0 => V_A = q\frac{L^2}{2\,.\,L} = \frac{q.L}{2} = \frac{8.6}{2} = 24KN$$

$$\sum M_A = 0\ ;\ -V_B\,.\,L + q\frac{L^2}{2} = 0 => V_B = \frac{q.\ L}{2} = 24KN$$

آزمایښت:

$$\sum F_y = 0\ ;\ V_A + V_B - q\,.L = 0 => 24 + 24 - 8.6 = 0 => 0 = 0$$

I–I Section:

$$\sum M_I = 0 => -V_A\ .x + M_x + {qx^2}/{2} = 0 => M_x = V_A\,.x - {qx^2}/{2}\ ;$$

$x = 0\ ;\ M_x = 0$; $x = 3m\ ;\ M_x = 36KN.m$

$x = 6m\ ;\ M_x = 0$; $M_{max} = {qL^2}/{8} = \frac{8\,.\,6^2}{8} = 36KN.m$

$Q_y - V_A + q.x = 0 => Q_y = V_A - q.x$;

$x = 0\ ;\ Q_y = V_A = 24KN$; $x = 3m\ ;\ Q_y = -24 + 24 = 0$

$x = 6m\ ;\ Q_y = 24 - 48 = -24KN$

دګاډر دعرضي مقطعې دمقاومت مومنټ شمېرو:

$$W_X = \frac{bh^2}{6} = \frac{24\,.\,(30)^2}{6} = 3600cm^3 = 0{,}0036m^3$$

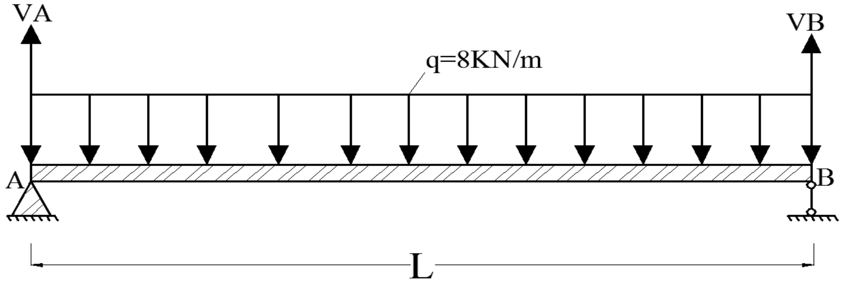
اوس دکوږوالي مومنټ ډېر زیا ت قیمت له مخې نارملي تشنج په لاس راوړو :

$$\sigma_{max} = \frac{M_{max}}{W_X} = \frac{36}{0{,}0036} = 10^4KN/m^2 = 10^7N/m^2 = 10^7Pa = 10Mpa$$

14.مثال: یو ګاډر دوېشلي بار $q = \frac{8KN}{m}$ لاندې پروت دی، که چېرې ددې ګاډر لپاره مجازي تشنج

$[\sigma] = 1600Kg/m^2$وي ،دګاډر I ډوله عرضي مقطع انتخاب کړې(45.6-شکل) وګورې.[2].

حل: دګاډر داتکأیزوعکس العملونو دټاکنې نه وروسته په بیلابیلو عرضي مقطعو کې د کوږوالي مومنټ قیمتونه پیدأ کوو اودیاګرام یې کاږو یعنې:



45.6- شکل

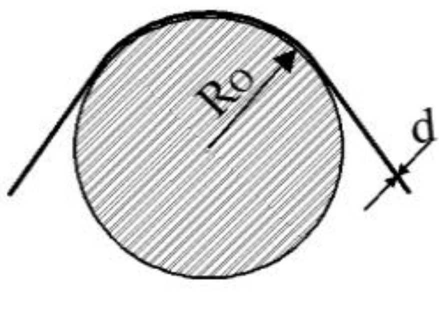
$$M_X = 36KN.m = 36.10^3 N.m = 36.10^2.10^2 = 36.10^4 Kg.cm$$

دګاډر دعرضي مقطعې دانتخابوولو له پاره دمحکموالي دشرط له مخې لرو چې :

$$\sigma_{max} = \frac{M_{max}}{W_X} \leq [\sigma] = W_X = \frac{M_{max}}{[\sigma]} = \frac{36\ .\ 10^4}{1600} = 225cm^3$$

اوس د I ډوله عرضي مقطعې دستندرد پروفیل دجدول څخه $W_X = 232cm^3$ قیمت له مخې 22 لمبر I ډوله عرضي مقطع انتخابوو.

15مثال: یوکیبل چې ښه کیفیت اومقاومت لری ددرم (څرخ)اودیوه عنصر ترمنځ دوراني مومنټ لیږدوي، چې څرخ (درم)د دوران له اغېزې کږوپوالي (خمیده ګی)ته مجبوریږی،په هغه صورت کې چې دمیلې قطر d=4mm ،شعاع ددرم R_0=0,5m، دارتجاعیت مودول E=200Gpa اوحدتناسب تشنجات یې 1200Mpa وي،اعظمي تشنجات اودکوږوالي مومنټ په کیبل کې وشمېري(46.6شکل) ؟[2].



46.6- شکل: کیبل اوڅرخ

حــل: اول دکـــوږوالي شـــعاع پیـــدأ کـــوو،چې عبـــارت ده لـــه -دڅـــرخ دشـــعاع له مرکز څخه دکیبل تر صفري کرښې پورې وي.

$(\rho = R_0 + \frac{d}{2})$

او وروسته یې له هغې محاسبه سرته رسوو:

$$M = \frac{E \cdot \mathcal{J}}{\rho} = \frac{2E.\mathcal{J}}{2R_0 + d} \quad ; \quad \mathcal{J} = \frac{\pi d^4}{32}$$

دکوږوالي مومنټ یې عبارت دي له:

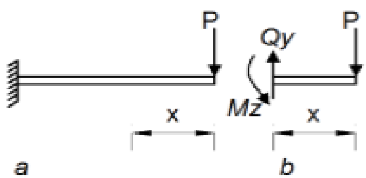
$$M = \frac{\pi E \cdot d^4}{16(2R_0 + d)} = \frac{\pi(200GPa).(4mm)^4}{16[2(0{,}5m) + 4mm]} = 5{,}01\ N.m$$

$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{E.d}{2R_0 + d} = \frac{(200GPa).(4mm)}{2(0{,}5m) + 4mm} = 797MPa$$

6.6:دګاډر په عرضي کوږوالي کې دمماسي تشنج ټاکنه :

عرضي کوږوالي دمیلې په عرضي مقطع کې نه یواځې دکوږوالي مومنټ بلکې عرضي قوه هم پیښیږي ، چې دغه قوه دمقطعې لپاسه دبې حده کوچنیو قوو محصله ده ، نوځکه په عرضي مقطعو کې نه یواځې نارملي بلکې مماسي تشنج هم منځته راځي ،چې دمماسي تشنج په شتوالي کې دشکل زاویه ډول بدلون رامنځته کېږي .[2],[9].

اوس یو ګاډر دمطالعې لاندې نیسو چې د P قوې په واسطه بار شوې دی(47.6 – شکل)، دغوځې طریقې څخه په ګټه اخیستو داخلي فکتورونه (Qy,Mx)یې پیدأ کوو اودهغې په اساس نارملي اومماسي تشنجات یې پیدأ کوو:



47.6–شکل:دګاډر په عرضي مقطع دنارملي تشنج اوQy پیدایښت

$$Mz = P.x \quad , \quad Qy = P$$

ليدل کېږي چې پورته دوه داخلي فکتورونه دصفر خلاف دې ، اوهر يويې دشکل بدلون سبب ګرځي.

دکوږوالي مومنټ له اغېزې دګاډر په عرضي مقطع کې نارملي تشنجات پيدأ کېږي،چې په لاندې ډول يې شمېرو:

$$\sigma = \frac{M_Z \cdot y}{\mathcal{J}_x} \quad ; \quad \sigma_{max} = \frac{M_Z}{W_Z} \leq [\sigma]$$

اوعرضي قوه دمماسي اويا غوڅوونکو تشنجاتو دپيدأ ينېت سبب ګرځي.

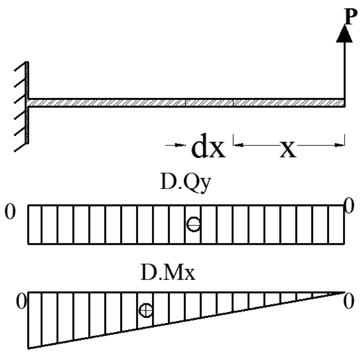
دمماسي تشنج دښه وضاحت لپاره له لاندې فرضيو څخه ګټه پورته کوو:

1.دټولې مقطعې په امتداد ،مماسي تشنجات په موازي ډول دعرضي قوې سره عمل کوي.

2.مماسي تشنجاتو مقدارونه په ټولو نقطو دعرضي مقطعې کې يو ډول مستقيم خطونه دي اود y دفاصلې (دخنثی محور څخه فاصله) تابع دي.

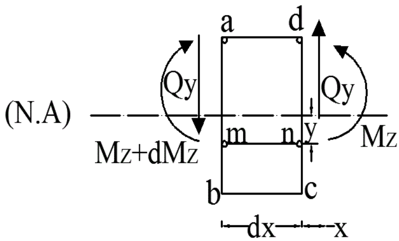
3.مماسي تشنجات په عموم کې دعرضي قوې سره موازي وي.

دمماسي تشنجاتو دپيدأ کولو لپاره يو کنسولي ګاډر چې P قوې عمل پرې کړی دي تر مطالعې لاندې نيسو :د Mz اوQy دياګرامونه دګاډر شمېرو اورسموويې(48.6 – شکل).



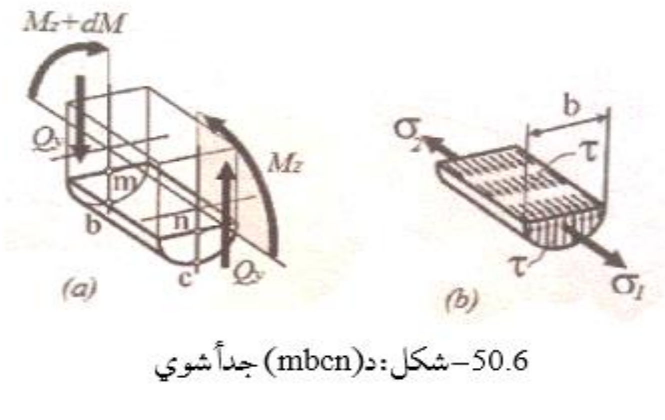
48.6–شکل:کنسولي ګاډر

اوس یوه کوچني برخه دګاډر abcd د dx په اوږدوالي د b په سور او د x په فاصله دقوې دعمل له نقطې څخه جدا کوو اوداخلي قوې چې په سطحو یاڅنډو دجداشوي برخې پیدأ کېږي ښیو.(49.6–شکل).



49.6–شکل

څرنګه چې د (49.6–شکل) څخه په ښکاره لیدل کېږي چې د cd په سطحه کې عرضي قوه (Qy)اودکوږوالی مومنټ (Mz) او دab په څنډه کې د(Qy)عرضي قوه اود (Mz+dMz)دکوږوالي مومنټ راپیدأ کېږي.
له بلي خوا د(48.6–شکل) دQyله دیاګرام څخه معلومېږي چې عرضي قوه په ټول اوږدوالي دګاډر کې ثابته ده خو دکوږوالي مومنټ بدلیدونکې دې.
اود abcd جدأ شوي برخې څخه د y په فاصله (صفري کرښې څخه فاصله)یوه کوچني بله برخه د mbcn جدأ کوو(50.6–شکل) ،



50.6–شکل: د(mbcn) جدأ شوي

ليدل کېږي چې دکوږوالي مومنټ له اغېزې په جانبې (څنډو)برخو کې نارملي تشنجات را پيدأ کېږي .

دنارملي تشنجاتو مقدار په دې ډول پيدأ کېږي.

$$\sigma_1 = \frac{M_Z \,.\, y}{\mathcal{J}_Z} \qquad ; \qquad \sigma_2 = \frac{(M_Z + dM).\,y}{\mathcal{J}_Z}$$

ليدل کېږي چې دګاډر په عرضی مقطع کې دنارملي تشنجاتو څخه علاوه مماسي تشنجات دعرضي قوې (Qy)له اغېزې هم پيدأ کېږي .د mbcn جدأ شوي برخې لپاره دتعادل معادله ترتيب وو.(50.6– شکل) لپاره :

$$\int_A \sigma_1 \,.\, dA - \int_A \sigma_2 \,.\, dA + \tau.\,dx.\,b = 0 =>$$

$$\int_A \frac{M_Z \,.\, y}{\mathcal{J}_Z} \,.\, dA - \int_A \frac{(M_Z + dM).\,y}{\mathcal{J}_Z} \,.\, dA + \tau.\,dx.\,b = 0$$

$$\tau.\,dx.\,b - \frac{dM}{\mathcal{J}_Z}\int_A y\,.\, dA = 0$$

په اخيري معادله کې دانتيګرال لاندې افاده د mbcn جدأ شوي برخې ستاتيکې مومنټ نظر د Zمحور ته دې ،اووروسته له ترتيبولو څخه يې پدې شکل ليکو :

$$\tau = \frac{dM \,.\, S_Z}{\mathcal{J}_Z \,.\, dx \,.\, b}$$

دکوږوالي مومنټ اوعرضي قوې ترمنځ دا $Qy = \frac{dM}{dx}$ ديفرينسيالي رابطه موجوده ده .

نوپه عرضي کوږوالي کې مماسي تشنجات په لاندې ډول ليکو :

$$\tau_{max} = \frac{Qy.\; S_Z}{\mathcal{J}_Z \,.\;\; b}$$

دلته :$\mathcal{J}_Z$ –د Z محور ته دانرشيا مومنټ دې. چې دې فورمول ته دژرافسکې فورمول وايې.

Sz–د Zمحورته ستاتيکې مومنټ دې.

b–دمقطعې عرض دې چې هغې ته تشنجات پيدأ کېږي.

ستاتیکي مومنټ یې مساوي دې په :

$$Sz = \int_{y}^{y_{max}} y.dA = y_c . A$$

دستاتیکي مومنټ په فورمول کې y_c: دثقل مرکز کوردینات دې.

دیادولو وړ ده چې که چېرې محورونه دګاډر بدلون وموميي ، نودانرشیا مومنټ اوستاتیکي مومنټ نسبت هغې بدلون موندونکې محور ته شمېرل کېږي.

1.دهغې مستطیلي مقطعې لپاره چې محورونه یې دثقل له مرکز څخه تېر شوي وي :

$$\tau_{max} = \frac{3Q_{ymax}}{2 . A} = \frac{Qy.\ S_Z}{\mathcal{J}_Z .\ b}$$

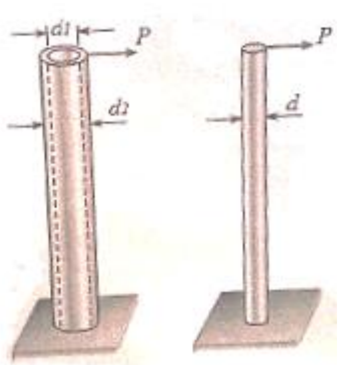
2.ددایروي مقطعې لپاره :

$$\tau_{max} = \frac{Qy.\ S_x}{\mathcal{J}_Z .\ b} => \tau_{max} = \frac{4Q_y}{3\pi r^2} = \frac{4Q_y}{3A}$$

3.دحلقوې مقطعې لپاره :

$$\tau_{max} = \frac{Qy.\ S_x}{\mathcal{J}_Z .\ b} = \frac{4Q_y}{3A}\left(\frac{{r_2}^2 + r_2 .\ r_1 + {r_1}^2}{{r_2}^2 + {r_1}^2}\right).$$

16.مثال: دوه عمودي میلې [ستنې(Columns)] چې دیوې مقطع دایروي اودبلې میلې مقطع حلقوې ده د(51.6-شکل) مطابق د P=10KN قوې تر اغېزې لاندې پرتې دې . که چېرې داخلي قطردحلقوې میلې d_1=10cm اوخارجي قطر یې d_2=16cm وي، مماسی تشنجات په حلقوې میله کې چې دP قوې له اغېزې پیدأ کېږي ، دمحکم والي له شرایطو پیدأ کړې اوهمدارنګه ددایروي مقطعې قطر پدې ډول پیدأ کړې چې مجازي تشنجات یې دحلقوې میلې دمحاسبوي تشنجاتو سره برابروي. [2].



51.6-شکل

حل: دمماسي تشنجاتو اعظمي مقدار دحلقوې مقطعې لپاره پيدأ کوو :

$$\tau_{max} = \frac{Qy.\ S_Z}{\mathcal{J}_Z.\ b} = \frac{4Q_y}{3A}\left(\frac{{r_2}^2 + r_2 .\ r_1 + {r_1}^2}{{r_2}^2 + {r_1}^2}\right) \quad ;$$

$r_1 = 5cm = 0{,}05m \qquad ; \qquad r_2 = 8cm = 0{,}08m$

$A = \pi({r_2}^2 + {r_1}^2) = 0{,}028m^2$

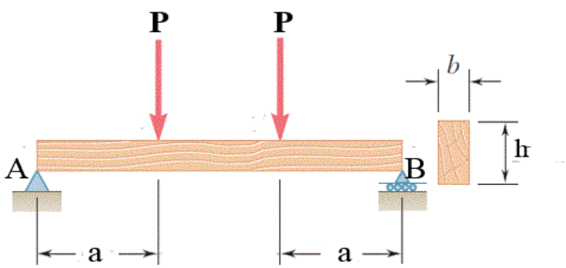
$\tau_{max} = 1{,}503MPa$

ددوهمې ميلې قطر مساوي دې په :

$$\tau_{max} = \frac{4P}{3\pi\left(\frac{d}{2}\right)^2} => d^2 = \frac{16P}{3\pi .\ \tau_{max}} = \frac{16\ .\ 10 .\ 10^3}{3 .\ 3{,}14 .\ 1{,}503 .\ 10^6}$$

$$= 0{,}9113m^2 => \ d = 10{,}6cm$$

17.مثال: يولرګين ګاډر چې مستطيلي مقطع لري ،ابعاد يې (b=100mm،h=150mm)، a=0,5m د (شکل 52.6-)مطابق د P متمرکزه قوې تر اغېزې لاندې پروت دې که نارملې مجازي تشنجات يې $[\sigma] = 11Mpa$او مماسي يا غوڅونکې مجازي تشنجات يې $[\tau] = 1{,}2Mpa$ وي ،اعظمي مقدار دP دمحکم والي له شرايطو پيدأ کړې چې ګاډرېې دزغم توان ولرې.[2].



!-شکل

حل: دعکس العلمونو دپيدأ کولوځخه وروسته يې Qy او Mz پيدأ کوو:

$$Q_{max} = P \quad ; \quad M_{max} = P.a$$

دP داعظمې قوې مقدار پيدأ کول نظر دمحکم والي شرايطوته :

$$\sigma_{max} = \frac{M_{max}}{W_Z} = \frac{M_{max}}{bh^2/6} = \frac{6 .\ P .\ a}{bh^2} \leq [\sigma]$$

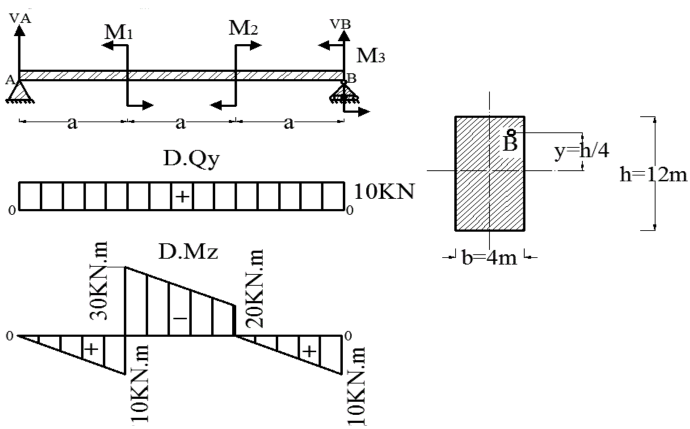
$$P = \frac{[\sigma] . bh^2}{6a} = \frac{11 . 100 . (150)^2}{6 . 0,5} = 8,25KN$$

دP داعظمي قوې مقدار نظر دمحکم والي شرايطوته البته دمماسى تشنجاتو له لاندې رابطې څخه پيدأ کولى شو:

$$\tau = \frac{3Q_{max}}{2A} = \frac{3P}{2(b.h)} \leq [\tau] => P = \frac{2[\tau]bh}{3} = \frac{2.1,2.100.150}{3} = 12KN$$

داطمينان پخاطر P=8,5KN قبلوو.

18.مثال: يو ګاډر چې ددريو متمرکزه مومنتونو پواسطه بار شويدې اول يې M₁=40KN.m ، M₂=20KN.m ، M₃=10KN.m دي ، د (53.6–شکل) مطابق که a=1m ، b=4m او h=12m وي نودنارملى اومماسي تشنجاتو مقدارونه دB په نقطه کې پيدأ کړي ؟[2].



53.6–شکل:په متمرکزه مومنتونو بارشوي ګاډر

حل: اول يې عکس العملونه پيدأ کوواوروسته يې Qy او Mz مقدارونه پيدأ او اپيورونه يې رسموو:

$$V_A = V_B = \frac{M_1 - M_2 + M_3}{3a} = \frac{40 - 20 + 10}{3} = 10KN$$

I –I Section: –

$$Q_{y_1} = V_A = 10 \text{ KN} \quad ; \quad M_{Z_1} = V_A . X_1$$

$X_1 = 0 \;=>\; M_{Z_1} = 0 \quad ; \quad X_1 = 1m \;=>\; M_{Z_1} = 10KN.m$

II–II Section:–

$Q_{y_2} = V_A = 10KN \quad ; \quad M_{Z_2} = V_A.x_2 - M_1$

$X_2 = 1m \;=>\; M_{Z_2} = 10 - 40 = -30KN.m$

$X_2 = 2m \;=>\; M_{Z_2} = 20 - 40 = -20KN.m$

III–III Section:–

$Q_{y_3} = V_B = 10KN \quad ; \quad M_{Z_3} = V_B.x_3 + M_3$

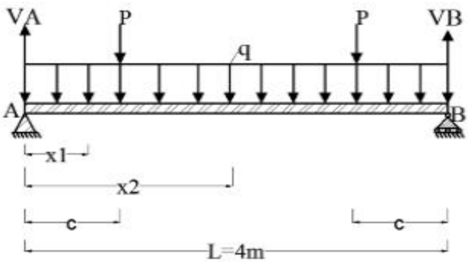
$X_3 = 0 => M_{Z_3} = M_3 = 10KN.m$

$X_3 = 1m \;=>\; M_{Z_3} = 20KN.m$

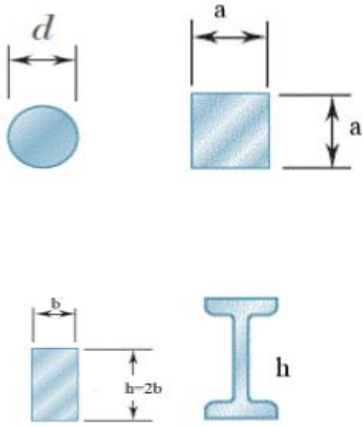
$$\sigma_B = \frac{M_{max}\;.\;y}{\mathcal{J}_Z} = \frac{30\;.\;{}^{h}/_{4}}{\frac{bh^3}{12}} = \frac{30\;.\;10^3}{576} = 156\;.\;10^6 Pa = 156MPa$$

$$\tau_B = \frac{Qy.\;S_Z}{\mathcal{J}_Z\;.\;b} = \frac{Qy}{\frac{bh^3}{6}}\left(\frac{h^2}{4} - y^2\right) = 2{,}34MPa$$

دیاګرامونه یې په (53.6– شکل)کې رسم شوي دي.



54.6– شکل :دګاډراودهغې درکړل شوي مقطعې.



19.مثال:-یوګاډر چې د$q = 10,8\ {}^{KN}/_{m}$او $P = 9,8KN$ بار شوي دې (54.6–شکل) مطابق غواړو چې دري مقطعې یې وشمېرو چې هغه دایروي ، مستطیلي اودوه مخې انګلارن I بیم دې ، که چېرې $[\sigma] = 157MPa$ ، L=4mاو C=1m وي؟[2].

حل: اول یې عکس العملونه پیدأکوو او وروسته یې دکوړوالي مومنټ دېرزیات قیمت معلوموو:

$$\sum M_A = 0 \Rightarrow -V_B.L + P(L-C) + P.C + q.L.{}^{L}/_{2} = 0 \Rightarrow V_B = 31,4KN$$

$$\sum M_B = 0 \Rightarrow V_A.L - P(L-C) - P.c - q.L.{}^{L}/_{2} = 0 \Rightarrow V_A = 31,4KN$$

دغوڅې له طریقې څخه ګټه پورته کوو اومحاسبه سرته رسوو:

I–I Section:

$$M_{Z_1} = V_A.X_1 - q.\frac{{x_1}^2}{2}$$

$X_1 = 0 \Rightarrow M_{Z_1} = 0 \quad ; \quad X_1 = C = 1m \Rightarrow M_{Z_1} = 26KN.m$

II–II Section:

$$M_{Z_2} = V_A.x_2 - q.\frac{{x_2}^2}{2} - P(X_2 - C)$$

$X_2 = 1m \Rightarrow M_{Z_2} = 26KN.m$

$X_2 = 3m \Rightarrow M_{Z_2} = 26KN.m$

III–III Section:

$$M_{Z_3} = V_B.x_3 - q.\frac{{x_3}^2}{2}$$

$X_3 = 0 \Rightarrow M_{Z_3} = 0$

$X_3 = 1m \Rightarrow M_{Z_3} = 26KN.m$

دمقطعې داندازو دپیدأ کولو لپاره باید چې دمقاومت مومنټ پیدأ کړو او اعظمي مومنټ یې په پام کې نیسو :

$$W_Z = \frac{M_{max}}{[\sigma]} = \frac{26\,.\,10^3}{157\,.\,10^6} = 0{,}165\,.\,10^{-3}m^3 = 165cm^3$$

مساحت دمقطعې په دې ډول پیدأ کېږي :

اول(1).ددایروي مقطعې لپاره :

$$W_\rho = \frac{\pi\,.\,d^3}{32} = 165 => d = \sqrt[3]{\frac{165\,.\,32}{3{,}14}} = 11{,}4cm\ ;\ \ A = \frac{\pi\,.\,d^2}{4}$$
$$= 111cm^2$$

دوهم(2).دمستطیلي مقطعې لپاره :

$$W_Z = \frac{b\,h^2}{6} = \mathcal{J}_Z/_y = \frac{b\,h^3/_{12}}{h/_2} = \frac{b\,h^2}{6} = 165cm^3 => h = \sqrt[3]{165\,.\,12}$$
$$= 12{,}55cm$$

$$A = b\,.\,h = 12{,}55\,.\,{}^{12{,}55}/_2 = 78{,}84cm^2$$

دریم(3).دمربعې مقطعې لپاره :

$$W_Z = \frac{a^3}{6} = 165cm^3 => a = \sqrt[3]{165\,.\,6} = 9{,}966cm\ \ ;\ \ A = a^2$$
$$= 99cm^2$$

څلورم (4).ددوه مخي I ډوله ګاډر مقطعې لپاره :

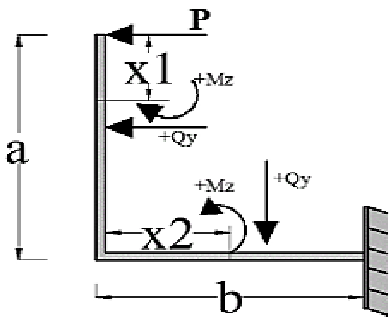
کچېرې دسورت بندې جدول وکتل شي د W_Z شمېرل شوي قیمت دانګلارن د 18a او 20 شمارو سره مطابقت کوي ، نو لدې دوو شمېرو څخه یې یوه انتخابووچې هغه 18a شماره ده .ددې لپاره چې د W_Z لپاره مو18a دروسته انتخاب کړیده اوکه نادروسته ، دهغې درستوالي دلاندې رابطې په واسطه ښودلاې شو :

$$\frac{\sigma_{max-[\sigma]}}{[\sigma]}\ x\ 100\% = \frac{\frac{M_{max}}{W_{18a}} - \frac{M_{max}}{W_Z}}{\frac{M_{max}}{W_Z}}\ x\ 100\% =>$$

$\frac{W_Z-W_{18a}}{W_{18a}}=\frac{165-159}{159}x100\%=3{,}07\%$; $\frac{W_Z-W_{20}}{W_{20}}=$
$\frac{165-184}{184}x100\%=-10{,}3\%$

لیدل کېږي چې د18a شماري دانتخاب په صورت تشنجات د 3,07% فیصدوپه اندازه زیات اود20 شماري دانتخاب په صورت کې د 10,3% فیصدو په اندازه تشنجات کم دي بنأ پر دې 20 شماره یې انتخابوو.

20.مثال: دچوکاټ ډوله ګاډر لپاره دداخلي قوو(M , Qy , N) محاسبه او داپیورونو رسمول غوښتل شویدي(55.6 –شکل) .



55.6 –شکل: چوکاټ ډوله ګاډر

حل: لیدل کېږي چې یو طرف دچوکاټ آزاد اوبل طرف یې په سخته اتکأ کې تړل شویدي ،پس محاسبه له آزاد سر څخه شروع کوو:

I–I Section:

$Q_{y_1}=-P$; $N_1=0$

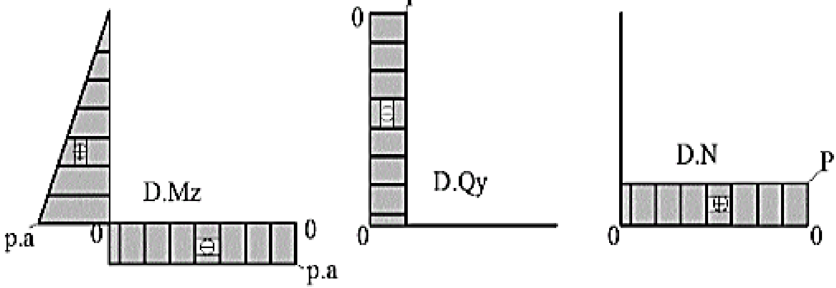
$M_{Z_1}=P.X_1$

$X_1=0 \Rightarrow M_{Z_1}=0$; $X_1=a \Rightarrow M_{Z_1}=P.a$

II–II Section:

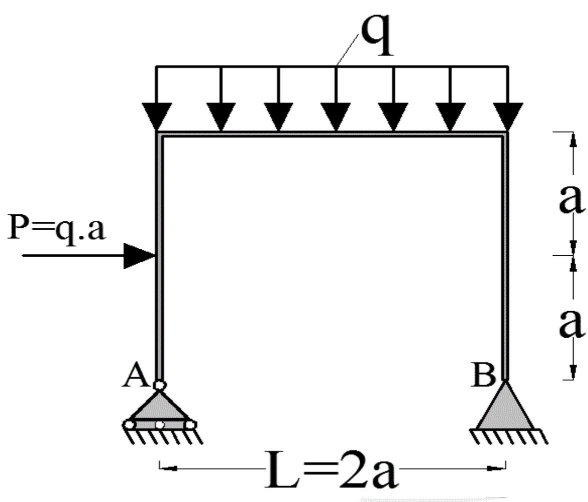
$Q_{y_2}=0$; $N_2=P$; $M_{Z_1}=P.a$

اوس دنارملي قوې ، عرضي قوې اوکوږوالي مومنټ دیاګرامونه کاږو:



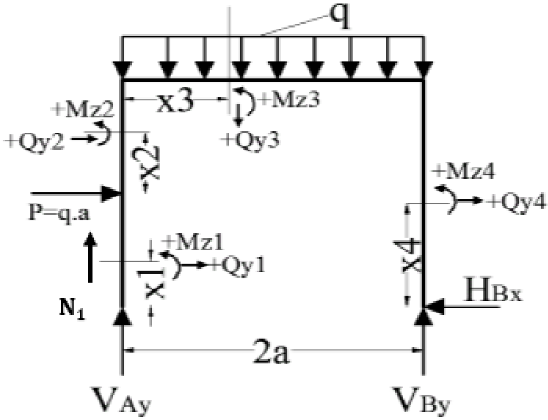
56.6– شکل: دعرضي قووې، امتدادي قووې اوکوږوالي

21.مثال: یو چوکاټ ډوله ګاډر چې دوېشلي اومتمرکزه بارو تر اغېزې لاندې پروت دي (57.6 –شکل)دنارملي قوې عرضي قوې دیاګرامونه رسم کړې ؟[2].



57.6– شکل

حـل: محاسـبوي شـېما يـا آزاد يـاګرام دچوکـاټ ډولـه ګـاډر رسـموو اومحاسـبه يـې سرته رسوو(58.6 –شکل).



58.6– شکل

عکس العملونه يې پيدأ کوو:

$$\sum M_B = 0 => -V_A\,.\,2a - P\,.\,a + q\,.\,2a\,.\,a = 0$$

$$V_A = \frac{-P\,.\,a + q\,.\,2a^2}{2a} = \frac{-q.a^2 + 2q.a^2}{2a} = q.a/_2$$

$$\sum M_A = 0 => V_B\,.\,2a - q\,.\,2a\,.\,a - P\,.\,a = 0$$

$$V_B == \frac{2q.a^2 + q.a^2}{2a} = \frac{3}{2}qa$$

$$\sum F_X = 0 => H_{BX} - P = 0 => H_{BX} = qa$$

I–I Section:

$$Q_{y_1} = 0 \quad ; \quad N_1 = -V_A = -\frac{qa}{2} \quad ; \quad M_{Z_1} = 0$$

II–II Section:–

$Q_{y_2} = -P = -qa \quad ; \quad N_2 = -V_A = -\frac{qa}{2} \quad ; \quad M_{Z_2} = -P.x_2$

$X_2 = 0 \;=>\; M_{Z_2} = 0 \quad ; \quad X_2 = a \;=>\; M_{Z_2} = -qa^2$

III–III Section:

$Q_{y_3} = V_A - q\,.\,x_3 \quad ; \quad N_3 = -P \;;\; M_{Z_3} = V_A\,.\,X_3 - P\,.\,a - q.\frac{{x_3}^2}{2}$

$X_3 = 0 => Q_{y_3} = V_A = \frac{q.a}{2} \quad ; \quad N_3 = -q\,.\,a \;;\; M_{Z_3} = -P\,.\,a = -qa^2$

$X_3 = a => Q_{y_3} = \frac{q.a}{2} - q.a = -\frac{q.a}{2} \quad ; \quad N_3 = -q\,.\,a$

$M_{Z_3} = \frac{q.a.a}{2} - qa^2 - {qa^2}/{2} = -qa^2$

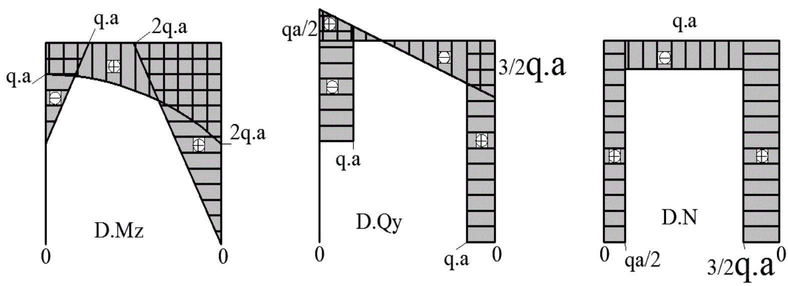
$X_3 = 2a => Q_{y_3} = -\frac{3}{2}q.a \quad ; \quad N_3 = -q\,.\,a \quad ; \quad M_{Z_3} = -2qa^2$

VI–VI Section:

$Q_{y_4} = H_{BX} = q.a \quad ; \quad N_4 = -V_B = -\frac{3}{2}q\,.\,a \;;\; M_{Z_4} = H_{BX}\,.\,X_4$

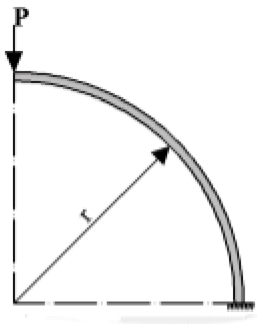
$x_4 = 0 \;;\; M_{Z_4} = 0 \quad ; \quad x_4 = 2a\,;\; M_{Z_4} = H_{BX}\,.\,2a = 2qa^2$

اوس يې دنارملي قوې(N) عرضي قوې (Qy) اودکوږوالي مومنټ (Mz) دياګرامونه کاږو.



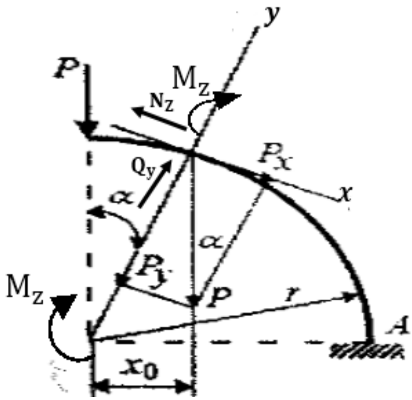
59.6– شکل:دامتدادې قوو(N)،عرضي قوو(Qy) اوکوږوالي مومنټونو(Mz) دياګرامونه .

22.مثال: دمنحني ډوله ګاډر چې شعاع یې r دی د N ، Qy او Mz دیاګرامونه رسم کړي(60.6-شکل):[2].



60.6-شکل

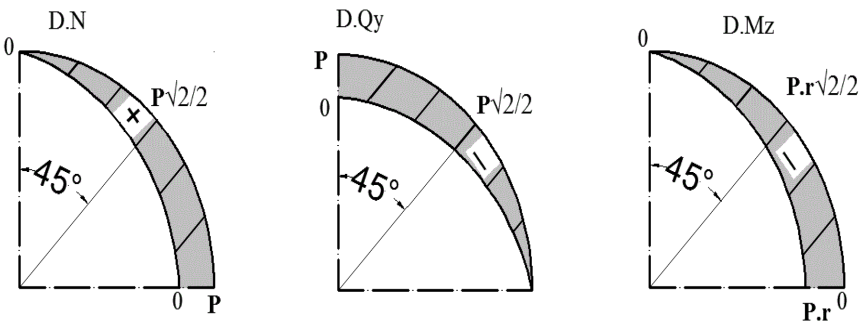
حل: له شکل لیدل کېږي چې درکړل شوي ګاډر د دایري څلورمه برخه ده او یوه سخته ثابته اتکأ لري او د P قوې تراغېزې لاندې پروت دی.
کولي شو چې محاسبه دګاډر له آزاد سر څخه شروع کړو ، په دې خاطر دیوې کیفي زاویې په اندازه یو خط له مرکزڅخه دګاډر په محور باندې دغوڅې طریقې لپاره رسمووا ودP قوه دغوڅې شوي نقطې ته لیږدوو او د xy په محورونو مطابق داصولو،د x په محور مماس دمنحني ډوله ګاډر باندې او د y په محور عمودچې د x په محور عمودوي رسمووچې د N قوه مثبت او د x محور په لوري او عرضي قوه Qy هم مثبت د y محور په لوري په پام کې نیسو:



61.6-شکل

$$N = P_X = P \,.\sin\propto$$
$$Q_y = -P_y = -P\,.\cos\propto$$
$$M_Z = -P_X\,.r = -P\,.\sin\propto\ .\ r$$
$$M_Z = -P\,.X_o = -P\,.\sin\propto\ .\ r$$
$$\propto = 0 \quad ; \quad N = 0 \quad ; \quad Q_y = -P \quad ; \quad M_Z = 0$$
$$\propto = 45° \quad ; \quad N = P.\frac{\sqrt{2}}{2} \quad ; \quad Q_y = -P\frac{\sqrt{2}}{2} \quad ; \quad M_Z = -P\frac{\sqrt{2}}{2}\ .\ r$$
$$\propto = 90° \quad ; \quad N = P \quad ; \quad Q_y = 0 \quad ; \quad M_Z = -P\ .\ r$$

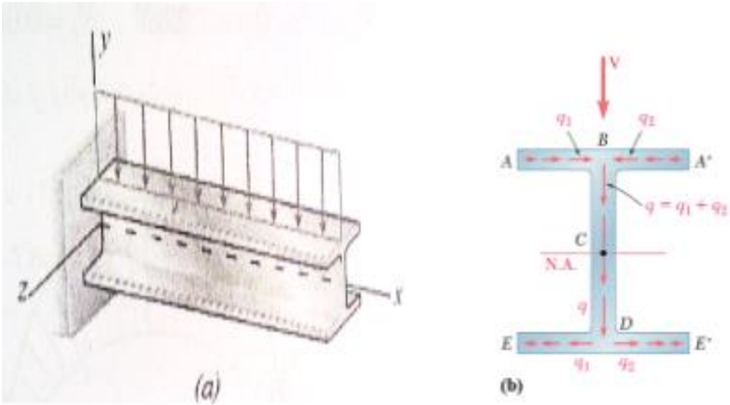
دحاصل شووشمېروڅخه دياګرام دهري داخلي قوې رسموو:



62.6–شکل:دنارملي قوې ،عرضي قوې او دکوږوالي مومنټ دياګرامونه .

7.6:پرIډوله اوTډوله مقطعو دګاډرونو کې مماسي تشنجات :

په هغه صورت کې چې وارده قوې يوله عمده محورونو سره موازي وي په عرضي مقطع کې مماسي يا غوڅونکې تشنجات پيدأ کېږي . دا مسله په I ډوله ګاډرونو کې صدق کوي چې ډېره زياته ګټه تري اخستل کېږي . دتشنجاتو وېش په مختلفو برخوددې ډول عناصرو کې په لاندې (63.6– شکل)کې ښودل شويدې.[2].

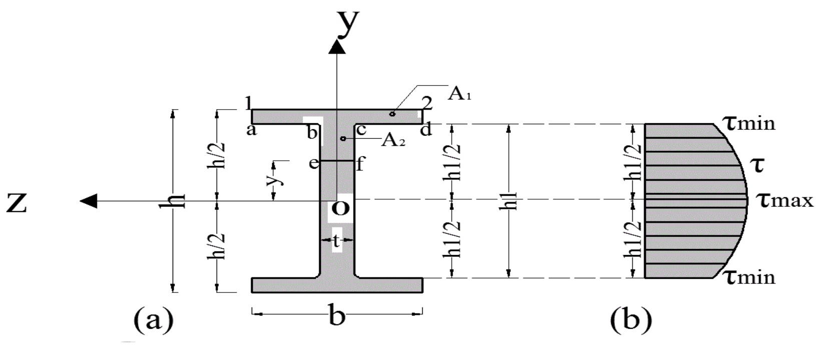


له پورته شکل

63.6–شکل: په I ډوله مقطع دګاډر کې تشنجات.

څخه ليدل کېږي چې دوېشلي بار څخه مماسي تشنجات رامنځته کېږي چې مقدار دهغې کولي شو دمخکينيوفورمولونو په واسطه په لاس راوړو

$$\tau = \frac{Q_{y} \cdot S}{\mathcal{J} \cdot b} \quad :$$



64.6– شکل:دستاتيکي مومنټ دپيدأ کولو لپاره دتشنجاتو دياګرام

دستاتيکي مومنټ (S) اوانرشيا مومنټ($\mathcal{J}$) دقيمتو دحاصلولو لپاره د(64.6 –شکل) دI ډوله ګاډر د ef خط پورتني برخه چې د y_1 په فاصله دصفري کرښې څخه پرته ده ، ترخيړنې لاندې نيسو:

دا برخه دګاډر له دوو ټوټوڅخه جوړه شویده چې یوه ټوټه یې د(1ad2)ده چې مساحت یې A_1 ښودل شویده اوبله برخه یې (bcef)ده چې مساحت یې A_2 دې.
دمنحني ډوله کنجوڅخه صرف نظر کوواودا قبلووچې ټوله مقطع له مستطیلي شکلونو څخه جوړه شویده .
ددې ټوټومساحتونه په ترتیب سره په لاندې ډول پیدأ کوو.

$$A_1 = b\left(\frac{h}{2}-\frac{h_1}{2}\right) \qquad ; \qquad A_2 = t\left(\frac{h_1}{2}-y_1\right)$$

دجلا شوي برخې ستاتیکي مومنټ شمېرو:

$$S = A_1\left(\frac{h_1}{2}+\frac{\left(\frac{h}{2}-\frac{h_1}{2}\right)}{2}\right)+A_2\left(y_1+\frac{\frac{h_1}{2}-y_1}{2}\right)$$

که دستاتیکي مومنټ په افاده کې دمساحتونو قیمتونه وضع کړو ، نوپیدأ به کړو چې:

$$S = \frac{b}{8}\left(h^2-{h_1}^2\right)+\frac{t}{8}\left({h_1}^2-4{y_1}^2\right)$$

دانرشیا مومنټ دمقطعې مساوي دې په:

$$\mathcal{J} = \frac{bh^3}{12}-\frac{(b-t){h_1}^3}{12} = \frac{1}{12}\left(bh^3-b{h_1}^3+t{h_1}^3\right)$$

مماسي تشنجات یې دلاندې فورمول په واسطه پیدأ کوو:

$$\tau = \frac{Q_y \cdot S}{\mathcal{J} \cdot t} \Rightarrow \tau = \frac{Q_y}{8.\mathcal{J}.t}\left[b\left(h^2-{h_1}^2\right)+t\left({h_1}^2-4{y_1}^2\right)\right]$$

داعظمي تشنجاتو مقدار په دې حالت کې په صفري کرښه باندې یاپه هغه ځای کې چې$y_1=0$ دې قرار لري، اواصغري تشنجات یې د$y_1 = \pm\frac{h_1}{2}$ په نقطو کې پراته دې.

$$\tau_{max} = \frac{Q_y}{8.\mathcal{J}.t}\left(bh^2-b{h_1}^2+t{h_1}^2\right) \qquad ; \qquad y_1 = 0$$

$$\tau_{min} = \frac{Q_y}{8.\mathcal{J}.t}\left(h^2-{h_1}^2\right)$$

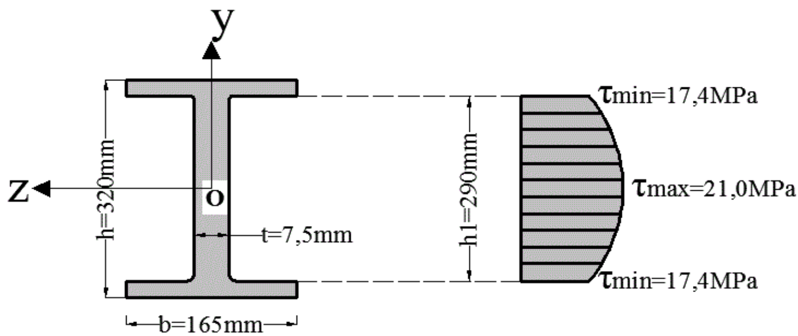
دمتوسطو تشنجاتو مقدار دلاندې رابطې په واسطه پیدأ کولي شو:

$$\tau_{aver} = \frac{Q_y}{t.h_1}$$

دمماسي یا غوڅوونکې عرضي قوې مقدار:

$$Q = \frac{t.h_1}{3}(2\tau_{max} - \tau_{min})$$

23.مثال: یوا I ډوله ګاډر چې عرض یې b=165mm، ضخامت یې t=7,5mm اوجګوالي یې h_1=290mm دې، دیوې عرضي یا غوڅونکې قوې Q=45KN تر اغېزې لاندې راغلي دی، داعظمي تشنجاتو مقدار ، داصغري تشنجاتو مقدار ، دمتوسطو تشنجاتو مقدار او همدارنګه عرضي مجازي قوه یې پیدأ کړئ ؟[2].



65.6– شکل: I ډوله ګاډراودیاګرام یې.

حل: داIډوله ګاډر اعظمي اواصغري تشنجات اوانرشیأ مومنټ په لاندې ډول محاسبه کیږي :

$$\mathcal{J} = \frac{1}{12}\left(bh^3 - bh_1{}^3 + th_1{}^3\right) = 130,45\,.\,10^6 mm^4$$

$$\tau_{max} = \frac{Q_y}{8.\mathcal{J}.t}\left(bh^2 - bh_1{}^2 + th_1{}^2\right) = 21,0MPa$$

$$\tau_{min} = \frac{Q_y}{8.\mathcal{J}.t}\left(h^2 - h_1{}^2\right) = 17,4MPa$$

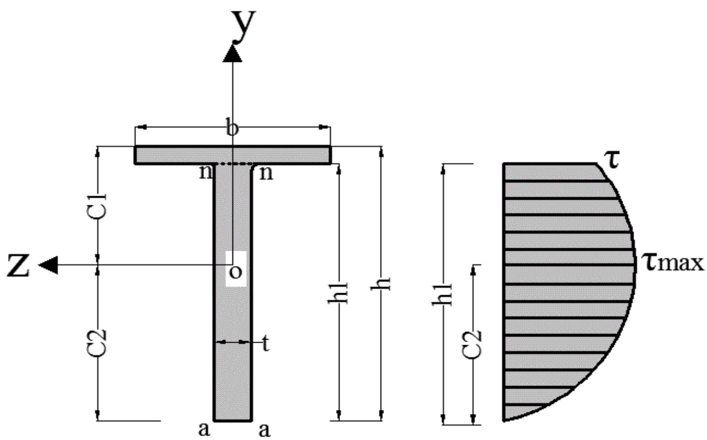
متوسط تشنجات له لاندې رابطې څخه پيدأ کوو:

$$\tau_{aver} = \frac{Q_y}{t.h_1} = \frac{45}{7,5\ .\ 290} = 20,7MPa$$

دمجازي عرضي قوې مقدار :

$$Q = \frac{t.h_1}{3}(2\tau_{max} - \tau_{min}) = 43KN$$

24.مثال: يو T ډوله ګاډر د Q=50KN عرضي قوې تر اغېزې لاندې راغلي يا پروت دې په هغه صورت کې چې b=10cm، h1=14cm ، h=20cm او t=3cm وي، د-n n په غوڅه کې دتشنجاتو مقدار پيدأ او اعظمي تشنجات يې وشمېرې (66.6-شکل). [2].



66.6-شکل: T ډوله ګاډراود τ_{max} دیاګرام.

حل: په اول کې صفري کرښه (خنثى محور) پيدأ کوو :فرضووچې صفري کرښه دګاډر له پورتني برخې د C_1 اودلاندېني برخې څخه د C_2 په اندازه پراته ده .

$$C2 = \frac{S_{a-a}}{A}$$

S_{a-a} – دa-a دمقطع ستاتيکې مومنټ دې چې په لاندې ډول ئې پيدأ کوو:

$$S_{a-a} = \sum Ai\,.\,Yi \quad ; \quad Ai = A_1 + A_2 = b(h-h_1) + th_1 = 102cm^2$$

$$S_{a-a} = \left(\frac{h+h_1}{2}\right) b(h-h_1) + \frac{h_1}{2}(th_1) = 1020 + 294 = 1314cm^3$$

$$C_2 = \frac{S_{a-a}}{A} = \frac{1314}{102} = 12.885cm \quad ; \quad C_1 = h - C_2 = 7{,}11cm$$

اوس يې دانرشيأ مومنټ پيدأ کوو:ددې لپاره دمحوراتو دموازي انتقال له طريقې ګټه اخلو :

$$\mathcal{J} = \mathcal{J}_{a-a} - A_2{C_2}^2 \; ; \; \mathcal{J}_{a-a} = \frac{b\,.\,h^3}{3} - \frac{(b-t).\,{h_1}^3}{3} = 20264.6cm^4$$

$$A_2{C_2}^2 = 6973\ cm^4 \quad ; \quad \mathcal{J} = 13291.6cm^4 \quad ; \quad \tau = \frac{Q\,.\,S}{\mathcal{J}\,.\,t}$$

$$= 22{,}3MPa$$

$$S_{max} = t\,.\,C_2\left(\frac{C_2}{2}\right) \quad ; \quad \tau_{max} = \frac{Q\,.\,S_{max}}{\mathcal{J}\,.\,t}$$

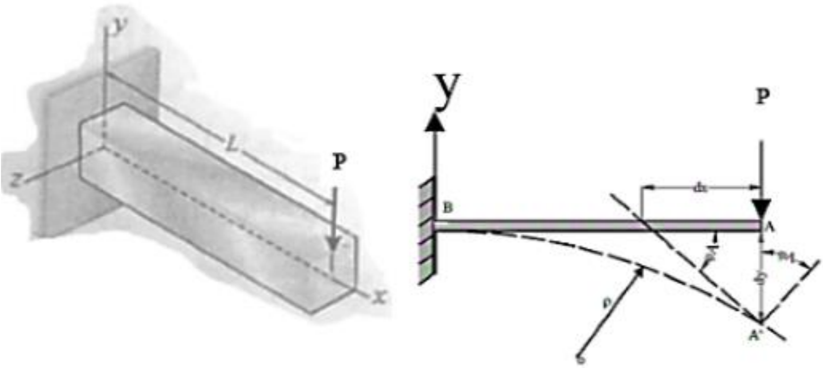
8.6:دګاډرونوپه کوږوالي کې دځای دبدلون ټاکنه (دګاډر دارتجاعی کرښې معادله):

عمومي معلومات :

دکړوپ شوو ګاډرونو په سنجولو کې يواځې دهغو تشنجاتو پيژ ندنه کافي نده ، چې دګاډر په بيلابيلو عرضي مقطعو کې په پام کې نيول شوي بار څخه پيښيږي . سنجول شوي تشنجات په محکم والي کې دګاډر دازمايښت له پاره زمينه برابر وي ، مګر ډير محکم ګاډرونه کيداي شي چې دشخۍ دنيمګړتيا له کبله دګټې اخيستنې وړ نه وي .

که چيرې يو ګاډر دبارولو نه وروسته ډير کړوپ شي ، نو له دغه رنګه عنصر دغوره ګټې اخيستنې امکان شته دګاډر دشخۍ دازمايښت لپاره بايد دګاډر دکړوپ شوي محور لپاسه په بيلابيلو نقطو کې دځای بدلونونه وټاکل شي .

پدې هکله يواځې هغه ګاډرونه څيړوچې دهغوي عرضي مقطعې متناظرمحور ولري اوټولي هغه قوې چې ګاډرو لپاسه آغېزه کوي بايد په هغه سطحه کې واقع شي ، چې له دې متناظر محور سره متناظره مستوي (سطحه)باندې منطبقه شي .
په تېرو درسونو کې مو يواځې طرحه اومحاسبه دګاډرونو دمحکم والي له پلوه څېړله . خودلته يوه بله خوا اولوري دطرحي اومحاسبې دګاډرو چې هغه دځاي بدلون يا کږوپ شوي برخې ، اندازه کول دګاډر دوارده قوو له اغېزې دي مطالعه او څېړو .



67.6– شکل :دکنسولي ګاډر دځاي بدلون او دګاډر هندسي شيما

که چيري دګاډر مستقيم محور دعمودې قوو له اغېزې په منحني کرښې بدل شي دګاډر دارتجاعي کرښې معادله ورته وايي. دمثال په ډول يو کنسولي ګاډر ګورو (67.6– شکل) دعمودې قوې دعمل په نتيجه کې دګاډر محور دمنحني کرښې په څير دشکل بدلون حاصلوي .
که د dx په فاصله د(A) يوه کيفي نقطه دګاډر لپاسه په نښه کړو،نو دغه نقطه ('A) نقطې ته دځاي بدلون کوي .چې ددې نقطې دځاي بدلون د y محورپه امتداد کې د dy اودافقي محورپه استقامت کې دdx له مخې په نښه کوو.که چېرې د('A) په نقطه کې دکږوپ شوي محور لپاسه يوه مماسي کرښه وکاږو نو دغه کرښه دφ زاويې په دوران

سره بیرته خپل پخوانې حالت ته ورګرځي ،چې دګاډر دمقطعې دوران نسبت پخواني ځاي ته په نوم ددوران زاويې سره يا دیږي .
دګاډر دکیفي مقطعې دځاي بدلون دري برخې دdy ، dx او φ قیمتونه دې دګاډرونو دشخۍ ازمایښت دغه غوښتنه پوره کوي کوم چې ډېره زیاته کږېپیدنه دګاډر له تاکلي وايې څخه تېري ونه کړي: $(y_{max} \leq \frac{1}{m})$
دm عدد طرحه کول یوساختماني نورم دې لکه $300 \leq m \leq 1000$ ،نو ځکه په کوږوالي کې کږېپیدنه دګاډر دوايې په پرتله لږه وي چې دغه دځینو اسانتیاوو زمینه برابروي :
لومړي داچې په ډېره کوچنۍ کږېپیدنه کې دګاډر دکږوپ شوي محور لپاسه دمماس او دګاډر دمحور ترمنځ زاویه دلاندې افادې له مخې ټاکل کیداي شي :

$$\varphi \approx \tan \varphi = \frac{dy}{dx}$$

دويم داچې له افقي ځاى بدلون dx څخه تېریدلای شو ، ځکه چې دځاي دعمودي بدلون dy په پرتله دکوچینوالي دويم ترتيب قيمت دې : $(dx \approx dy)$، نوځکه :$dx \leq dy$ په (67.6 –شکل) کې دځاي دبدلون شرطي شېما ښودل شوي ده . يوداسې اټکل کېږي چې دګاډر هره نقطه يوائې عمودې بدلون حاصلوي . دګاډر دمحور دهرې نقطې دځاي بدلون دټاکلو لپاره بايد دکږوپ شوي محور معادله په لاس راوړو: y=f(x)

که چیري د f(x) تابع معلومه وي ، نو په يو شمېر نقطوکې دکږېپیدنې ټاکل او دکږېپیدنې دمنحنې کرښې کښل ممکن دي او همدارنګه ددوران زاويې پيدأ کول په ټولو پوښتنو کې غوښتل کېږي .دګاډر دکږوپ شوي محور ديفرینسیالی معادله داسي پيدأ كوو چې :دګاډر په کوږوالي کې دنارملي تشنجاتو (σ) دفورمولونو په کارولوسره دکږیدنې شعاع($1/\rho$) او دکوږوالي مومنټ (M)ترمنځ رابطه په لاندې ډول ترلاسه شوې ده : $\frac{1}{\rho} = \frac{M}{E \cdot \mathcal{J}}$

دغه فورمول ښيئ چې دکږيدنې شعاع دګاډرپه امتداد کې دهغه قانون له مخې بدلون مومې لکه چې $\frac{M}{E.\mathcal{J}}$ په څير په همدې ډول دګاډر لپاره چې ثابته عرضي مقطع ($E\,\mathcal{J} = constant$) لري.

د (67.6 –شکل)په پام کې نيولو سره کولې شو چې وليکو: $\frac{1}{\rho} = \frac{M_Z}{E.\mathcal{J}_Z}$

دعالي رياضياتو له مخې دکږيدنې شعاع له معلومې افادې څخه ليکو چې:

$$\frac{1}{\rho} = \pm\frac{d^2y/dx^2}{\left[1+(\frac{dy}{dx})^2\right]^{3/2}}$$

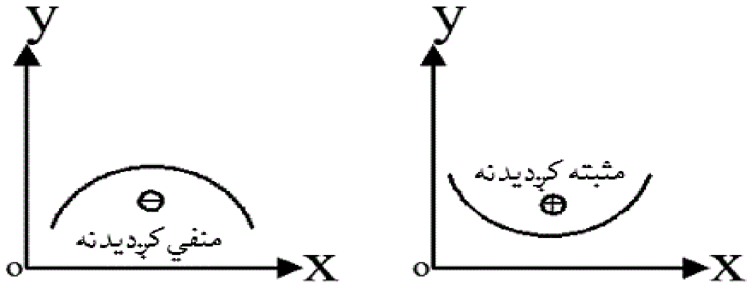
دکږيدنې شعاع او دx ، y کوردیناتو سره پورتنۍ اړيکه لري نولرو چې :

$$\frac{M_Z}{E.\mathcal{J}_Z} = \pm\frac{d^2y/dz^2}{\left[1+(\frac{dy}{dz})^2\right]^{3/2}}$$

مخکې ثبوت شوي ده چې $\frac{dy}{dx}$ د دوران زاويه ده او په عملي کارو کې ډېره کوچني ده چې تقريباً 0,001rad سره مساوي ده بنأ پر دې دپورتني کسر مخرج د 1,0001 په حدودو کې دې چې کولې شو هغه په (1) يوه سره قبول کړو:

$$\frac{M_Z}{E.\mathcal{J}_Z} = \pm\frac{d^2y}{dx^2} = y''$$

دمثبت او منفي ($\pm$)علامې په پورتنۍ فورمول کې دمحورونو لوري (جهتونه) نه بيانوي ، خو همدأ علامې کږيدنې په علامې پورې اړه لري.



68.6–شکل:دکږیدنې دشکل بدلون دعلامو پیژندل.

دیادولوده چې دوضیعه کمیاتو محورونه باید دګاډر په کینه خوا کې انتخاب شي ترڅو چې په محاسبه کې اسانې رامنځته شي .دمحور لوري پورته خواته (+)مثبت اوکښته خواته (−)منفي ده .

له پورته رابطې کولې شو چې ولیکو : $E \,.\, \mathcal{J}_x \,.\, y'' = M_X$

که چېرې د x او z محورونو سره بدل شي نو: $E \,.\, \mathcal{J}_Z \,.\, y'' = M_Z$

پورتنۍ معادله دګاډرونو په کوږوالي کې دځای دبدلون ټاکلو (دګاډر دارتجاعی کربښې)معادلی په نوم یادېږي ،چې اول ځل انتیګرال نیوونه یې ددوران زاویې معادله په لاس راکوي:

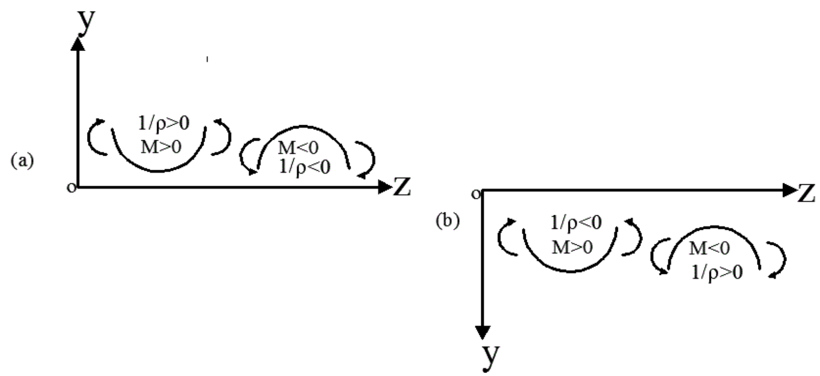
$$y' = \frac{1}{E \,.\, \mathcal{J}_x}\left[\int M_x \,.\, dx + C\right] => \varphi = \frac{dy}{dx} = \int \frac{M_X}{E \,.\, \mathcal{J}_X} dx + C$$

دګاډر دارتجاعی کربښې معادلې دوهم ځل انتیګرال نیوونه دکږوپ والي معادله په لاس راکوي :

$$y = \frac{1}{E \,.\, \mathcal{J}_x}\left[\int dx \int M_x \,.\, dx + C(x) + D\right] => y = f$$

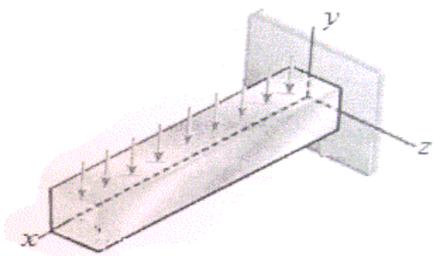
$$= \int\int \frac{M_X}{E \,.\, \mathcal{J}_X} \,.\, dx \,.\, dx + C(x) + D$$

ددوارو انتیګرالی معادلو دشمېرلو لپاره لومړي ثابت انتیګرالی قیمتونه C اوD دسرحدي شرايطو له مخې پيدأ کوو، چې دګاډرونو دنښتلو په ډول پوري اړه لري .
که دګاډرونو يو طرف آزاد وی او بل سر يې په ثابته اتکأ نښتلي وي ، نو په ثابته اتکأ دګاډر کې ددوران زاويه
(y′ = φ) او کړوپيدنه (y = f) له صفر سره مساوي دې ، او که ګاډر يوه وايه ولري نو کړوپيدنه په اتکأ يې نقطو کې هر وخت صفر وي .[2],[6].



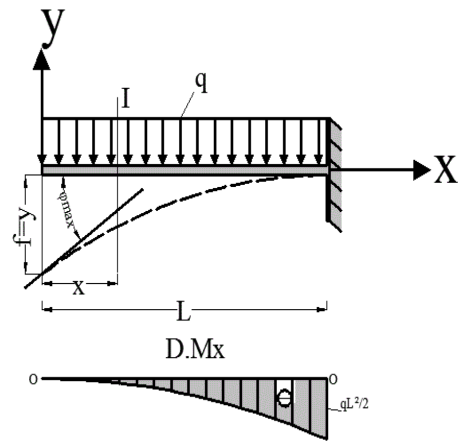
69.6–شکل:دګاډر دکږېدنې اوکوږوالي مومنټ دعلامو ټاکل.

25.مثال: يوکنسولي ګاډر چې دمنظم وېشلي بارلاندې پروت دې ، دکږوپوالي مقدار اواعظمي ددوران زاويه يې پيدأ کړي(70.6–شکل) .[2].



حل:-دګاډر محاسبوي شېما رسمووا‌ومحاسبه يې سرته رسوو ، ليدل کېږي چې ډېر زيات کړوپوالي په آزاد سر دګاډر کې دې او اعظمي دوراني زاويه هم ، هغه عبارت له يوه مماسي کربښي څخه دې چې دګاډر دارتجاعي خط باندې مماس اوتر اصلي محور دګاډر پوري پراته ده .

ددې ډول مشکل دحل په خاطر اول بايد دکوږوالى مومنټ پيدأ کړو اودهغې دياګرام رسم کړو.



70.6-شکل:کنسولي ګاډر محاسبوي شېماMx دياګرام .

پورتني ګاډر لروونکې ديوې برخې دې نو يوه غوڅه اجرأ کوو:$M = -q\frac{x^2}{2}$

دګاډر دارتجاعي کربښې عمومي فورمول عبارت دې له :

$$y'' = \frac{M_X}{E.\mathcal{J}_x} => E.\mathcal{J}_x.y'' = M = -q\frac{x^2}{2}$$

اول ځل انتيګرال نيول يې ددوران زاويه په لاس راکوي :

$$\varphi = y' => E.\mathcal{J}_x.y' = -q\frac{x^3}{6} + C$$

اودوهم وارانتيګرال نيونه يې دکړوپوالى مقدار معلوموي:

$$E.\mathcal{J}_x.y = -q\frac{x^4}{24} + C(x) + D$$

ثابت قیمتونه (C او D دمعادلوله سرحدي شرایطو په لاس راوړو :پوهیږوچې په ثابته اتکأ کې کړوپوالی اود دوران زاویه صفر ده y=0 ، $\varphi = 0$ پس که X=L شي:

$$\varphi = y' = 0 => E.\mathcal{J}_x.0 = -q\frac{L^3}{6} + C => C = \frac{q.L^3}{6}$$

$$f = y = 0 => E.\mathcal{J}_x.0 = -q\frac{L^4}{24} + q\frac{L^3}{6}.L + D => \frac{q.L^4}{24} - \frac{q.L^4}{6} = -\frac{q.L^4}{8}$$

دC اوD قیمتونه په معادلوکې وضع کووپیدأ کووچې:

$$E.\mathcal{J}_x.y' = -\frac{q.x^3}{6} + \frac{q.L^3}{6}$$

$$E.\mathcal{J}_x.y = -\frac{q.x^4}{24} + \frac{q.L^3}{6}x - \frac{q.L^4}{8}$$

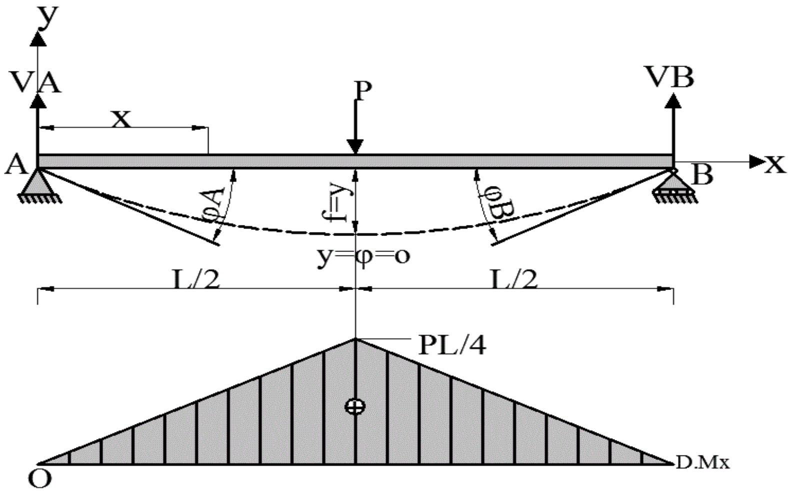
که چېرې X=0 :

$$E.\mathcal{J}_x.y' = E.\mathcal{J}_x.\varphi_{0max} = -q\frac{0}{6} + q\frac{L^3}{6} => \varphi_{0max} = \frac{qL^3}{6E.\mathcal{J}_x}$$

$$E.\mathcal{J}_x.y = -\frac{q.0}{24} + \frac{q.L^3}{6}x\,0 - \frac{q.L^4}{8} = -\frac{q.L^4}{8} => f = y = -\frac{qL^4}{8E.\mathcal{J}_x}$$

لــه منفــي علامــې څخــه معلــومېږي چــې کړوپــوالي دګــاډر پــه لاتــدیني برخــه کې دي.اوکه y=0. ، $\varphi = 0$ ، X=L

26مثال: یو ګاډ ر چې په دوو اتکأوومتکې دي دیوې متمرکزه قوې په واسطه بارشویدې ،کړوپوالي اودوران زاویه یې پیدأ کړي ؟[2].



71.6–شکل:یا ګاډر اودهغې دداخلي مومنټ دیاګرام.

حل: عکس العملونه یې پیدأ کوو اود کوږوالی داخلي مومنټ دیاګرام یې رسموو:

$$\sum M_A = 0 => V_B.L - P.{}^{L}/_{2} = 0 => V_B = \frac{P}{2}$$

$$\sum M_B = 0 => V_A.L - P.{}^{L}/_{2} = 0 => V_A = \frac{P}{2}$$

$$M_X = V_A.x = \frac{P}{2}.x \quad ; \quad x = 0 => M_X = 0 \quad ; \quad x = {}^{L}/_{2} => M_X = \frac{PL}{4}$$

$$x = L => M_X = 0$$

دګاډر دارتجاعي کرښې فورمول عبارت دی له :

$$y'' = \frac{M_X}{E.\mathcal{J}_x} => E.\mathcal{J}_x.y'' = M_x = \frac{P}{2}.x$$

اول ځل انتیګرال یې د دوران زاویه :

$$\varphi = y' => E.\mathcal{J}_x.y' = \frac{P.x^2}{4} + C$$

اودوهم ځل انتیګرال یې کږوېوالي په لاس راکوي :

$$E.\mathcal{J}_x.y = \frac{P.x^3}{12} + C(x) + D$$

لیدل کېږي چې په اتکأوو کې کږوپوالي له صفر سره مساوي دی اویا x=0 شي، y=0 کېږي:

$$y = \frac{1}{E.\mathcal{J}_x}\left(\frac{P.x^3}{12} + C(x) + D\right) = 0 => D = 0$$

د دوران زاویه $x = {}^{L}/_{2}$ په نقطه کې صفر دې ، ځکه چې مماس په افقي شکل دی او کومه زاویه دګاډر له محور سره نه جوړوي:

$$y' = \varphi = \frac{1}{E.\mathcal{J}_x}\left(\frac{P.\frac{L^2}{4}}{4} + C\right) = 0 => C = -\frac{PL^2}{16}$$

دC اوD پیدأ شوي قیمتونه په اصلي معادلو کې وضع کوو پیدأ په کړوچې:

$$\varphi = y' = \frac{1}{E.\mathcal{J}_x}(\frac{Px^2}{4} - \frac{PL^2}{16})$$

$$f = y => \frac{1}{E.\mathcal{J}_x}(\frac{Px^3}{12} + \frac{PL^2}{16}\ .X + 0)$$

په هغه صورت کې چې x=0 وي:

$$\varphi_A = y' = \frac{1}{E.\mathcal{J}_x}\left(\frac{P.0}{4} - \frac{PL^2}{16}\right) = -\frac{PL^2}{16E.\mathcal{J}_x}$$

پورتني منفي علامه په دې مانا ده چې دوران دساعت دستني له لوري سره مطابق دې

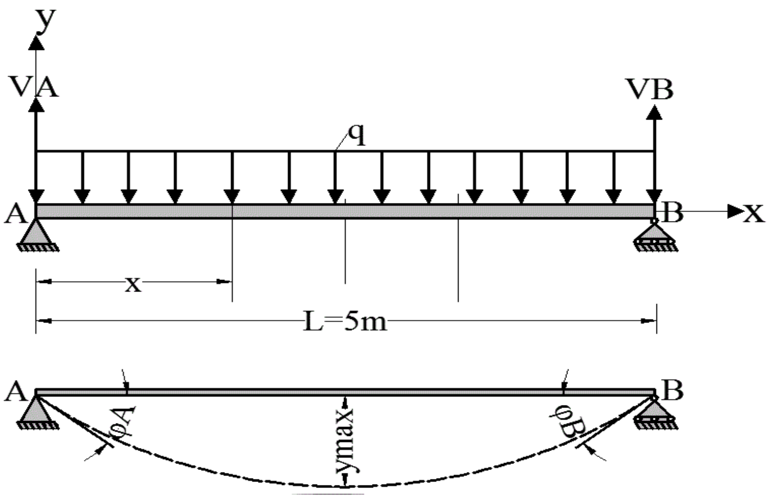
.

د B په نقطه کې ددوران زاویه د A دنقطې په شان ، خوخلاف دعلامې دې:

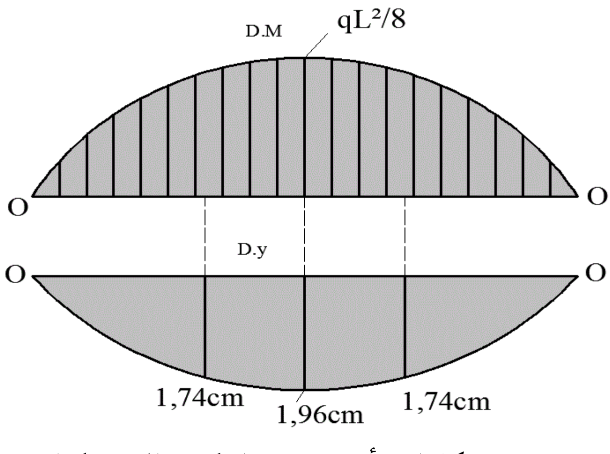
$$\varphi_B = -\varphi_A = \frac{PL^2}{16E.\mathcal{J}_x} \quad ; \quad y_A = y_B = 0$$

که $x = {}^{L}/_{2}$ شي:

$$\varphi = 0 \qquad ; \qquad y = \frac{1}{E.\mathcal{J}_x}\left(\frac{PL^3}{12\ .8} - \frac{PL^2}{16}\ .\frac{L}{2}\right) = -\frac{PL^3}{48\ E.\mathcal{J}_x}$$



27.مثال: دلاندې ګاډر اعظمې کړوپوالي مقدار ، دکړوپوالي کرښې رسموول په کاردې ، که چېرې L=5m ،مقطع يې مستطيلي (b x h)=(15 x22)cm ،مودل دارتجاعيت $E = 0{,}1 \,.\, 10^6\ ^{Kg}/_{cm}$ او $q = 400\ ^{Kg}/_{m}$ سره وي.(72.6 – شکل).[2].



72.6– شکل:انحنأ يې مومنټ او کړوپوالی دياګرام.

حل: دوضیعه کمیاتو مرکز د A نقطه انتخابوو ، عکس العملونه اوداخلي مومنټ دکوږوالي يې پيدأ کوو .

$$\sum M_A = 0 => V_B . L - q . {}^{L^2}/_2 = 0 => V_B = \frac{qL}{2}$$

$$\sum M_B = 0 => -V_A . L + q . {}^{L^2}/_2 = 0 => V_A = \frac{qL}{2}$$

$$M_X = V_A . x - q . {}^{x^2}/_2 = \frac{qL}{2} . x - q . \frac{x^2}{2}$$

$$y'' = \frac{M_X}{E . \mathcal{J}_x} = \frac{1}{E . \mathcal{J}_x} (\frac{qL}{2} . x - \frac{qx^2}{2})$$

$$y' = \frac{1}{E . \mathcal{J}_x} (\frac{qL . x^2}{4} - \frac{q . x^3}{6} + C)$$

$$y = \frac{1}{E . \mathcal{J}_x} (\frac{qL . x^3}{12} - \frac{q . x^4}{24} + C(x) + D)$$

څرنګه چې دګاډر په اتکأ ووکې کږوپوالي صفر دې ، نوکولي شو چې وليکو:که x=0 نو D=0 دې اوکه x=L شي نو D=0 صفر کيږي . دا قيمتونه د y په معادله کې وضع کوو او دx=L په صورت کې پيدأ کولي شوچې:

$$y = \frac{1}{E . \mathcal{J}_x} \left(\frac{qL . L^3}{12} - \frac{q . L^4}{24} + C . L + 0 \right) => C . L + \frac{q . L^4}{24} = 0 => C$$

$$= -\frac{q . L^3}{24}$$

پورتني دC قيمت د(y) په معادله کې وضع کوو پيدأ به کړو چې :

$$y = \frac{1}{E . \mathcal{J}_x} (\frac{qL . x^3}{12} - \frac{q . x^4}{24} + \frac{q . L^3}{24} x)$$

پوهيږو چې د(y) قيمت په اتکأووکې صفر دې نو د$x = {}^{L}/_2$ قيمت په معادله کې وضع کوواو y_{max} پيدأ کوو :

$$f = y = \frac{1}{E . \mathcal{J}_x} \left(\frac{qL . L^3}{12 . 8} - \frac{q . L^4}{24 . 16} - \frac{q . L^4}{24 . 2} \right) = -\frac{5}{384} \text{ x } \frac{q . L^4}{E . \mathcal{J}_x}$$

دانرشيأ مومنټ دمستطيلي مقطعې $\mathcal{J}_x = \frac{bh^3}{12}$ دې نو لرو چې:

$$\mathcal{J}_x = \frac{bh^3}{12} = \frac{15\ .\ 22^3}{12} = 13310cm^4$$

$$f = y == -\frac{5}{384}\ x\ \frac{4\ .500^4}{0{,}1\ .\ 10^6\ .\ 13310} = -1{,}96cm$$

$$x = \frac{L}{4} \quad ; \quad y_{\ L/4} = \frac{1}{E.\mathcal{J}_x}(\frac{qL.L^3}{12\ .\ 64} - \frac{q.L^4}{24\ .\ 256} - \frac{q.L^3}{24}\ x\ \frac{L}{4}$$

$$= -\frac{19}{2048}\ x \frac{qL^4}{E.\mathcal{J}_x} =>$$

$$y_{\ L/4} == -\frac{19\ .\ 4\ .\ 500^4}{2048\ .\ 0{,}1\ .10^6\ .\ 13310} = -1{,}74cm$$

$$x = \frac{L}{2} \quad ; \quad y_{\ L/2} = -\frac{5}{384}\ x\ \frac{q.L^4}{E.\mathcal{J}_x} = -\frac{5\ .4\ .\ 500^4}{384\ .\ 0{,}1\ .10^6\ .\ 13310}$$

$$= -1{,}96cm$$

$$x = \frac{3}{4}.L \quad ; \quad y_{3/4.L} = -1{,}74cm \quad ; \quad x = L \quad ; \quad y_B = 0$$

دپورته پيدأ شوو قيمتو له مخې يې دکوږوالی مومنټ دياګرام اود کړوپوالی دياګرام رسموو (72.6)شکل.

دياده ولو وړ ده چې دياګرامونه هغه وخت په اساني سره رسميږي ، چې دکوږوالی مومنټ ، دعرضي قوو ، کړوپوالی اوددوران زاويه دياګرامونه په يوه وخت کې رسم شي اوهغه تفاضلي رابطې چې ددوي په منځ کې شته په پام کې ونيول شي . ددې پارامترو په منځ کې لاندې تفاضلي رابطې موجودې دي :

$$\frac{dy}{dz} = \varphi \quad ; \quad \frac{dQ}{dz} = \frac{M}{E\ .\ I} \quad ; \quad \frac{d^2y}{dz^2}$$

$$= \frac{M}{E\ .\ I} \quad ; \quad \frac{d^2Q}{dz^2} = \frac{Qy}{E\ .\ I}$$

دپورته تفاضلي معادلواوداړونده پارامترو په پام کې نيولوسره،چې تحليل يې کړو،لاندې پايلې ترې حاصلولي شو:

1.كه دګاډر په كومه برخه كې دكوږوالي مومنټ صفرشي،په دې صورت كې ددوران زاويې دياګرام دهغې برخې په امتداد مستطيلي شكل لري اودكږوپوالي اپيور يې خطي بڼه لري .

2.كه دكوږوالی مومنټ دګاډر په امتداد په كومه برخه كې ثابت وي . پدې صورت كې ددوران زاويې دياګرام په همغه برخه كې خطي تابع ، اودكږوپوالی دياګرام يې دپارابول دقانون سره برابر بدلون مومي.

3.كه دګاډر په كومه كې دكوږوالی مومنټ خطي شكل ولري ، پدې صورت كې ددوران زاويې دياګرام په هغه برخه كې پارابولي تابع ده اودكږوپوالي دياګرام دهغې برخې ددريم ترتيب پارابول تابع سره بدلون مومي.

4. كه دكوږوالی مومنټ دګاډر په كومه برخه كې دپارابول دقانون سره سم بدلون كوي ، پدې وخت كې د دوران زاويې دياګرام په هغه برخه كې ددريم ترتيب پارابولي تابع سره بدلون مومي ، خو دكږوپوالی دياګرام دهغې برخې دڅلورم ترتيب پارابولي تابع په بنأ بدلون مومي.

5.كه دګاډر په كومه برخه كې دكوږوالي مومنټ لوي له صفر څخه وء، پدې صورت كې د دوران زاويې دياګرام دمحور په مثبت لوري مخ په زياتيدو وی اوبې له هغې مخ په كميدو وي.

6.په هغه مقاطعو كې چې دكوږوالي مومنټ اشاره بدلون مومي ،په هغه مقطعو كې ددوران زاويې دياګرام اكستريموم وي.

7.كه دكوږوالی مومنټ دګاډر په كومه برخه كې ټوپ (جهش)ووهي،ددوران زاويې دياګرام دماتوالې سره مل دې.

8.كه دګاډر په كومه برخه كې دعرضي قوې دياګرام لوي له صفر څخه وي د دوران زاويې دياګرام يې مقعر (ننوتي) ژوره بڼه لري اوبې له هغې محدب شكل لري .

9.كه په كومه برخه دګاډر كې ددوران زاويه لويه له صفر څخه وي ، دكږوپوالي دياګرام يې مخ په كميدو وي .

10.که په کومه برخه دګاډر کې ددوران زاویه له صفر سره مساوي وي ، دکړوپوالي دیاګرام یې په هغه نقطه کې اکستریموم (اعظمي او اصغري)شکل اختیار وي.[3],[2].

9.6:دګاډر دارتجاعي کرښې عمومي دیفرینسیالي معادله (دابتدأیې پارامترونو طریقه)

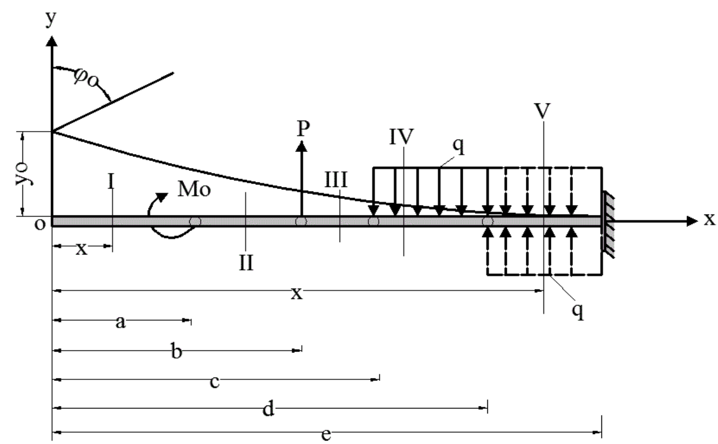
په تېرو بحثونو کې څرګنده شوه ، چې په کوږوالي کې دځای دبدلون ټاکل دارتجاعي کرښې ددیفرینسیالي معادلې دانتیګرال نیوني دطریقې په مرسته یواځې دهغو ګاډرونو لپاره وړ ده ، چې ګاډر یوه برخه ولري اوپه هغې کې دکوږوالی مومنټ M=f(z) وي مګر دهغو ګاډرونو لپاره چې ډیرې ډېرې برخې ولري دغه طریقه نه کارول کېږي، دا ځکه چې دهغې ګاډرو دهرې برخې لپاره دیفرینسیالي معادله دوه ، دوه انتیګرالي ثابت قیمتونه لري.

که چیرې ګاډر n برخې ولري ، نوباید دهغې لپاره هغه معادلې چې 2n ثابت قیمتونه لري ترتیب کړي شي . اودهغې ګاډر لپاره چې ثابته شخۍ ولري ، دغه ستونزه یواځې دعمومي دیفرینسیالي معادلې په کارولو سره حل کیداي شي.دعمومي دیفرینسیالي معادلې نتیجې دابتدأ یې ، پارامتري طریقې پر بنسټ ولاړې دي ، چې له پراخه اندازي سره په ساختماني تحلیل کې کارول کېږي.

ددې طریقې له مخې دګاډر په هره عرضي مقطع کې کړوپیدنه اوددوران زاویه دشکل دبدلون او دهغو عواملوله مخې چې دګاډر دکوردیناتو په مبدأ کې دمقطعې په ښي خواکې دخارجې قوو له واقع کیدو څخه ټاکل کېږي له عمومي دیفرینسیالي معادلې څخه دنتیجې اخیستني لپاره هغه ګاډر چې په ساختماني چارو کې کارول کېږي څیړو :

په هغه صورت کې چې باري برخې دګاډر زیاتیږي دانتیګرال نیووني دثابتو قیمتونو پیدأ کول مشکل کېږي چې ددې ثابتو قیمتو په واسطه کړوپوالي اود دوران زاویه موږ په لاس راوړولي شو.دانتیګرال نیووني ثابت قیمتونه دلاندې ټکوپه پام کې نیولو سره کولي شو چې ددوو ثابتو قیمتو ته یې راکم کړو (په 73.6) شکل کې یې ګورو:

1.دوضيعه كمياتو مبدأ دګاډر په كينه خوا كې انتخابوو اودټولو برخو دګاډر لپاره ثابته پاتي کېږي.
2.دهغو قوومومنټونه په پام کې نيوول کېږي چې دعرضي مقطعې نه په كينه خوا کې عمل كوي .
3.كه وېشلي بار دګاډر په كومه برخه کې عمل کړي وي نو دهغې وېشلي بار دشدت په اندازه دګاډر تر ښيي اخيري سر پورې دوام وركوواو د دې لپاره چې دګاډرپه تعادل کې كوم غيرې تعادلي حالت راشي نو دوامي وېشلي بار انډول (معادل)بار په مخالف لوري سره ږدو.
4.دمركزي مومنټ (M_o) دعمل په موجوديت کې ، نوموړي مومنټ دګاډر دکوږوالي مومنټ په معادله کې $M(z-a)^o$ په شكل ليكو .
a- دوضيعه كمياتو له مركز څخه دمومنټ تر دعمل نقطې پورې فاصله ده .
5.دتفاضلي معادلې انتيګرال نيوونه دټولو برخو دګاډر بې له خلاصوولو د قوسونو سرته رسوو.



په 73.6- شكل:ګاډراودهغې د(M_o) ، (q)او(P)بارونه

اول دګاډر هرې برخې ته نوم معلوموو،بيايې په خيالي ډول غوڅوو چې دهرې برخې لپاره دکړوپوالي معادلې ترتيب کړو :

$$I - \quad M_x = 0 \quad ; \quad 0 \le x \le a$$

$$II - \quad M_x = M_0(x-a)^0 \quad ; \quad a \le x \le b$$

$$III - \quad M_x = M_0(x-a)^0 + F(x-b) \quad ; \quad b \le x \le c$$

$$IV - \quad M_x = M_0(x-a)^0 + F(x-b) + q\frac{(x-c)^2}{2} \quad ; \quad c \le x \le d$$

$$V - \quad M_x = M_0(x-a)^0 + F(x-b) + q\frac{(x-c)^2}{2} - q\frac{(x-d)^2}{2} \quad ; \quad d \le x \le e$$

له پورته معادلو څخه په ښکاره ډول ليدل کېږي چې دګاډر دکينۍ اولې برخې افاده دګاډر ددوهمې برخې په افاده کې شامله ده ، اوپه ترتيب سره نورې برخې ، ترڅو چې دآخيرې برخې معادله يې وليکل شي . اوس دکوږوالي مومنټ معادلې دګاډر دارتجاعي کرښې په معادله کې دهرې برخې لپاره وضع کوو اوبيايې اول ځل انتيګرال نيسو چې ددوران زاويه يې پيدا کړو: $E.\mathcal{J}_x.y'' = M_x$

$$I - \quad E.\mathcal{J}_x.y' = E.\mathcal{J}_x.\varphi = C_1$$

$$II - \quad E.\mathcal{J}_x.y' = C_2 + M_0(x-a)^1$$

$$III - \quad E.\mathcal{J}_x.y' = C_3 + M_0(x-a)^1 + P\frac{(x-b)^2}{2}$$

$$IV - \quad E.\mathcal{J}_x.y' = C_4 + M_0(x-a)^1 + P\frac{(x-b)^2}{2} + q\frac{(x-c)^3}{6}$$

$$V - \quad E.\mathcal{J}_x.y' = C_5 + M_0(x-a)^1 + P\frac{(x-b)^2}{2} + q\frac{(x-c)^3}{6} - q\frac{(x-d)^3}{6}$$

دګاډر دګډو غوڅوپه سرحدونو او نقطو کې ددوران زاويې دهرې برخې لپاره سره مساوي دي :

$$x = a => y'_1 = y'_2 \quad ; \quad x = b => y'_2 = y'_3 \quad \dots\dots\dots I$$

اوشخې يا سختوالي دګاډر ثابت دي ($E.\mathcal{J}_x = Constant$):

$$C_1 = C_2 = C_3 = C_4 = C_5 = E.\mathcal{J}_x\,\theta_o$$

دميل زاويه دګاډر دمقطعې دګينۍ سر داولې (I) برخې له افادې پيدا کوو:

$$E.\mathcal{J}_x\,y' = E.\mathcal{J}_x\,\theta_o = C_1$$

دلته θ_o –پدې مانا چې میل دوضعیه کمیاتو دمبدأ (O) په ټکې کې دې .

دګاډر دارتجاعي کربښې معادلې دوهم ځل انتیګرال نیول کړوپوالي (خمیده ګي)دګاډر معلوموي :

$$I - \quad E.\mathcal{J}_x.y = D_1 + E.\mathcal{J}_x.\theta_o.X = C_1.X + D_1$$

$$II - \quad E.\mathcal{J}_x.y = D_2 + E.\mathcal{J}_x.\theta_o.X + M_0\frac{(x-a)^2}{2}$$

$$= M_0\frac{(x-a)^2}{2} + C_2.X + D_2$$

$$III - \quad E.\mathcal{J}_x.y = D_3 + E.\mathcal{J}_x.\theta_o.X + M_0\frac{(x-a)^2}{2} + P\frac{(x-b)^3}{6}$$

$$IV - \quad E.\mathcal{J}_x.y = D_4 + E.\mathcal{J}_x.\theta_o.X + M_0\frac{(x-a)^2}{2} + P\frac{(x-b)^3}{6} + q\frac{(x-c)^4}{24}$$

$$V - \quad E.\mathcal{J}_x.y = D_5 + E.\mathcal{J}_x.\theta_o.X + M_0\frac{(x-a)^2}{2} + P\frac{(x-b)^3}{6} + q\frac{(x-c)^4}{24} - q\frac{(x-d)^4}{24}$$

د(Di) دپیدأ کولو لپاره دګاډر دناغوځ شوو برخو ،ګډوسرحدې شرایطواو y له تابع څخه ګټه پورته کوو :

دلته (D_1) –دګاډر دکیڼ سر کړوپوالي (خمیده ګي)څرګنده وي .دګاډر دکوږوالي مومنټ داولې برخې په افاده کې X=0 قیمت ږدو، نو کړوپوالي به یې مساوي وي په :

$$D_1 = E.\mathcal{J}_x.y = E.\mathcal{J}_x.y_o$$

دلته (y_o)–چې د y متغیره اوبدلیدونکې فاصله ده دوضعیه کمیاتو د(O) په نقطه کې ښیي.

دګډو سرحدې شرایطو دګاډر څخه ګټه اخلو او وبه لرو چې :

$$x = a \Rightarrow y_1 = y_2$$

$$x = b \Rightarrow y_2 = y_3 \quad .... \quad ; D_1 = D_2 = D_3 = D_4 = D_5 = E.\mathcal{J}_x.y_o$$

د(Ci) او (Di) قیمتونه دګاډر دارتجاعي کربښې په معادله ځاي پرځاي کوو او افاده یې دهرې برخې دګاډر لپاره ترتیب او لیکو :

$$E.\mathcal{J}_x.y = E.\mathcal{J}_x.y_o + E.\mathcal{J}_x.\theta_o.X \Big|_{I} + M_0\frac{(x-a)^2}{2}\Big|_{II} + P\frac{(x-b)^3}{6}\Big|_{III} + q\frac{(x-c)^4}{24}\Big|_{IV} - q\frac{(x-d)^4}{24}\Big|_{V}$$

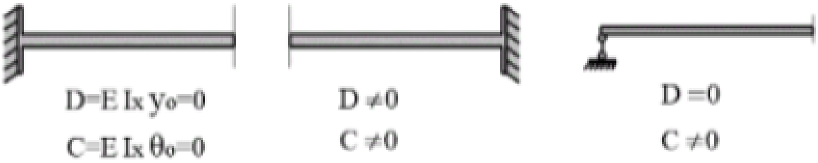
په پورتني معادله کې د (θ_o) او (y_o) دګاډر دکينې سر د دوران زاويه او کږوپوالي دی چې ابتدايي پارامترونه ورته وايي.اوکه چېرې دوضيعه کمياتو په مبدأ يا پيل دکينې خوا دګاډر کې متمرکزه (P_o) اويا متمرکزه مومنټ (M_o) موجود وي هغه هم دابتدأ يي پارامترو په نوم يادېږي.

موږ کولي شو چې هر وخت د دوران زاويې معادله دکږوپوالي معادلې له مشتق نيوولو پيدأ کړو.

دابتدأيي پارامترو ميتود په مرسته دکږوپوالي او دوران زاويې د ټاکلو لپاره بايد لومړني پارامترون($\varphi_o = \theta_o$ ، M_o،y_o او P_o) ټاکل اومعلومول ضروري او لازمي دي .د θ او y دځای بدلون په اړونده نقطو اوغوڅو کې دګاډر اولې برخې له پاره دمعادلې اوله برخه اويا دګاډر دعمومي معادلې هغه برخه چې دعمودې کرښې($\big|_{I}$) په کينه برخه کې پرته ده ،ګټه پورته کوو . دانتقال د دوهمې برخې دګاډر له پاره دعمومي معادلې له دوهمې برخې څخه ، خو داولې برخې په ګډون ګټه پورته کوو،اود پاتې نورو برخوله پاره په ترتيب سره عمل کوو.

دګاډر دارتجاعي کرښې دمعادلې ښه والي په دې کې دی چې دثوابتو شمېر په انتيګرال نيوونه کې ، بې لدې چې محاسبه دبرخو په پام کې ونيسي تر دوو ثابتو پورې کميږي.

لاندې رسم شويو اتکأوو ته ځيرتيأ په کار ده چې دګاډر دکږوپوالي اودوران زاويې په موندلو کې ګټه وري تماميږي(74.6- شکل).



74.6–شکل: دګاډرپه مختلفواتکاؤوکې د(D) او(C)قیمتونه

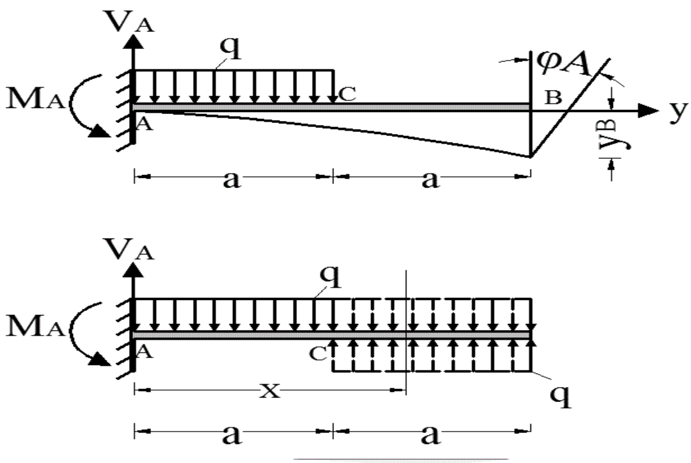
که چېرې دګاډر په ډېرو اویا څو برخو کې ، په یو وخت کې متمرکزې قوې ، متمرکزمومنتونه او وېشلي بارونه عمل وکړي ، پدې صورت کې دګاډر دارتجاعي کربنې معادله لاندې شکل ځانته اختیاروي :

$$E.\mathcal{J}_x.y = E.\mathcal{J}_x.y_o + E.\mathcal{J}_x.\theta_o.X + M_0\frac{x^2}{2!} + P_o\frac{x^3}{3!}$$

$$+\sum\frac{M(x-a)^2}{2!} + \sum\frac{P(x-b)^3}{3!} + \sum q\frac{(x-c)^4}{4!} - \sum q\frac{(x-d)^4}{4!}$$

ددوران زاویه هر وخت کولي شوچې دکړوپوالي معادلې دمشتق نیوونې څخه په لاس راوړو.[2],[5].

28.مثال: د AB ګاډر دA او B په نقطوکې د دوران زاویې او کړوپوالي پیدأ کړي(75.6–شکل) .[2].



75.6–شکل:کنسولي ګاډر او(y_B) او(φ_B) ترسیم.

حل: کنسولي ګاډر په یوه ثابته اتکأ کې په محکم ډول بند شوي دی ، اول یې عکس العملونه پیدأ کوو :

$$V_A = q.a \qquad ; \qquad M_A = -q\,{a^2}/{2}$$

داتکأ په نقطه کې چې دوضیعه کمیاتو مبدأ هم دې عکس العملي قوه موجوده نده بنأ پر دې کولې شو چې هغه دابتدایې پارامترو په حیث قبول کړو :

$$P_o = V_A = q.a \qquad ; \qquad M_o = M_A = -q\,{a^2}/{2}$$

دګاډر دښیې برخې دارتجاعی کرښې معادله په لاندې ډول ده:

$$E.\mathcal{J}_x.y = E.\mathcal{J}_x.y_o + E.\mathcal{J}_x.\varphi_o\,.X + M_0\frac{x^2}{2!} + P_o\frac{x^3}{3!} - q\frac{x^4}{4!} + q\frac{(x-a)^4}{4!}$$

ابتدأ یې پارامترونه (y_o،$\varphi_o = \theta_o$) په ثابته اتکأ کې مساوي له صفر سره دی، او دهغې دقیمتونو دوضع کولو څخه وروسته ، دګاډر دارتجاعي کرښي معادله لاندې بڼه ځانته اختیاروي:-

$$E.\mathcal{J}_x.y == -\frac{qa^2}{2}\,.\frac{x^2}{2} + q.a\,.\frac{x^3}{6} - q\,\frac{x^4}{24} + q\frac{(x-a)^4}{24}$$

وروسته له مشتق نیوونې څخه دپورتنې معادلې ددوران زاویه $\varphi_o = \theta_o$ راپیدأ کېږي:

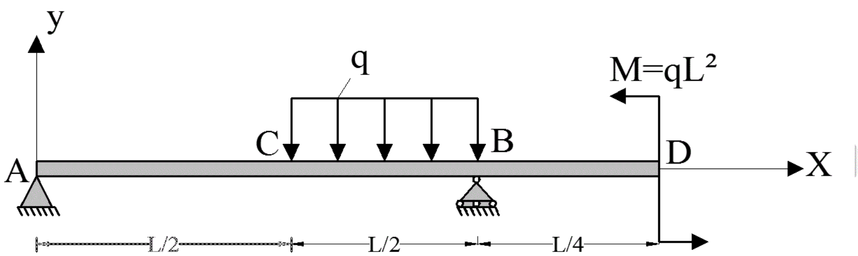
$$E.\mathcal{J}_x.y' == -\frac{qa^2}{2}\,.x + q.a\,.\frac{x^2}{2} - q\,\frac{x^3}{6} + q\frac{(x-a)^3}{6}$$

لاژمه ده چې دB په نقطه کې د دوران زاویه او کړوپوالي پیدأ کړو، نو د x=2a قیمت وضع کوو:

$$y' = \varphi_B = \theta_B = -\frac{q.a^3}{6E.\mathcal{J}_x} \qquad ; \qquad y_B = -\frac{7qa^4}{24E.\mathcal{J}_x}$$

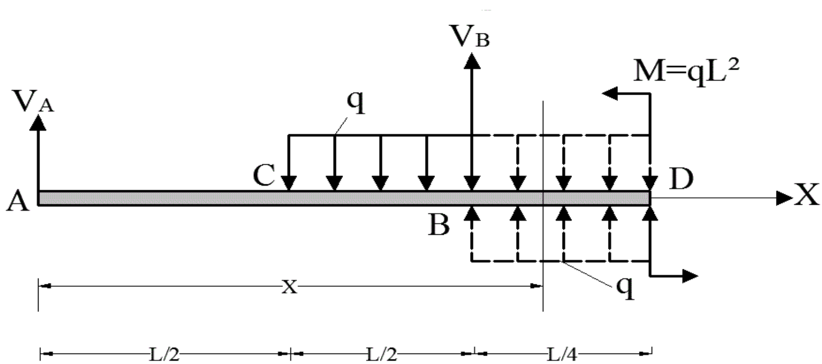
که چېرې ثابته اتکأ دګاډر په ښیې خوا کې وي دمسلې دحل په خاطر ښه داده تر څو ګاډر ته دوران ورکړو اودشکل په مطابق یې برابر کړو.

29 .مثال: دلاندې رسم شوي ګاډر(76.6 –شکل)، لپاره دQy ، M ، $\theta = \varphi$ او y دیاګرامونه رسم ، او د C او D په نقطو کې کړوپوالي او ددوران زاویې پیدأ کړي.[2].



76.6- شکل

حل: دکار ډول ته ګاډر ترتیب وو او محاسبه یې سرته رسوو(77.6-شکل).



77.6-شکل

دپورته رسم شوي ګاډر لپاره دارتجاعي کربښې معادله په لاندې ډول ده :

$$E.\mathcal{J}_x.y = E.\mathcal{J}_x.y_o + E.\mathcal{J}_x.\varphi_o\,.X + V_A\frac{x^3}{6} + V_B\frac{(x-L)^3}{6} - q\frac{(x-{}^{L}\!/_{2})^4}{24} + q\,\frac{(x-L)^4}{24}$$

دسرحدي شرایطو په پام کې نیولو سره ابتدایي پارامترونه یې ټاکو :

1. که x=0 وي ، نو $y_o = y_A = o$ دي.
2. که x=L وي ، نو $y_{(L)} = y_B = o$ دي.

له اول شرط څخه موندلي شو چې $y_o = y_A = o$: اوله دوهم شرط څخه په لاس راوړو چې:-

$$E.\mathcal{J}_x.y = E.\mathcal{J}_x.y_o + E.\mathcal{J}_x.\varphi_o.L - {}^7/_8\ qL.\frac{L^3}{6} - q\ \frac{\left(L - \frac{L}{2}\right)^4}{24} = 0 =>$$

$$E.\mathcal{J}_x.\varphi_o = \frac{57}{384}qL^3$$

پورتني پیدأ شوي قیمت دګاډر دارتجاعي کرښې عمومي معادله کې وضع کوو پیدأ به کړو چې :

$$E.\mathcal{J}_x.y = \frac{57}{384}qL^3.x - {}^7/_8\ qL.\frac{x^3}{6} + {}^{11}/_8\ qL\ \frac{(x-L)^3}{6} - q\ \frac{\left(x - \frac{L}{2}\right)^4}{24} + q\ \frac{(x-L)^4}{24}$$

د BD برخې د دوران زاویې معادله دمشتق نیوونې له طریقې دکړوپوالي دمعادلې د BD برخې څخه پیدأ کوو:که x=5/4L شي نو:

$$y_D = -0{,}20\frac{qL^4}{E\ \mathcal{J}_x} \qquad ; \qquad y'_D = \varphi_D = -0{,}527\frac{qL^3}{E\ \mathcal{J}_x}$$

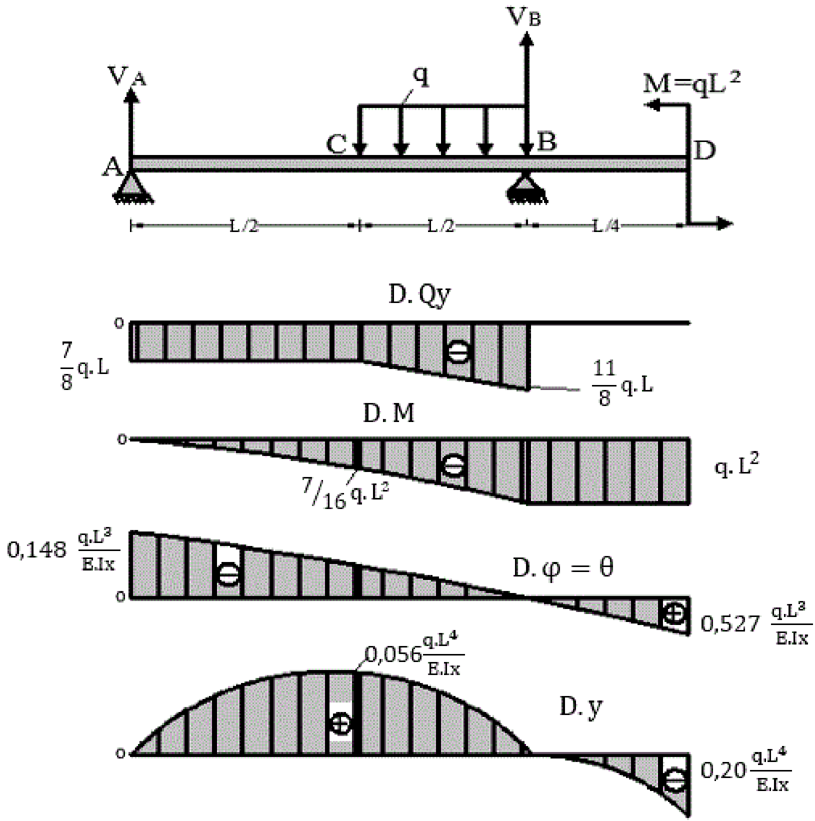
د C په نقطه کې د دوران زاویه له کړوپوالي دپیدأ کولو لپاره دګاډر له هغې برخې ګټه پورته کوو چې هلته دC نقطه پرته ده :

$$E.\mathcal{J}_x.y = \frac{57}{384}qL^3.x - {}^7/_8\ qL.\frac{x^3}{6} \quad ; \ E.\mathcal{J}_x.y' = E.\mathcal{J}_x.\varphi = \frac{57}{384}.\frac{qL^3}{4} - {}^7/_8\ qL.\frac{x^2}{2}$$

په هغه صورت کې x=L/2 شي :

$$y_C = \frac{43}{768}.\frac{q\ L^4}{E.\mathcal{J}_x} \qquad ; \qquad y'_C = \varphi_C = \frac{15}{384}.\frac{q\ L^3}{E.\mathcal{J}_x} = 0{,}039\frac{q\ L^3}{E.\mathcal{J}_x}$$

دشمېرنې څخه په لاسته راغلو قیمتو نو په بنأ یې دیاګرامونه رسموو(78.6- شکل):



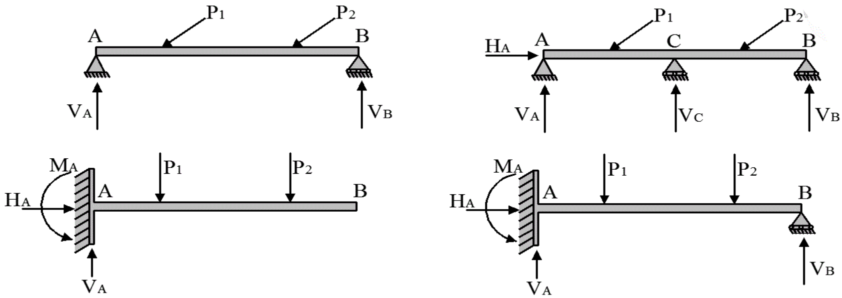
78.6–شکل:(Q_y)، (M)، (θ) او همدارنګه د (y) دياګرامونه

10.6:ناټاکلي ستاتيکي سيستمونه (ګاډرونه):

په مخکې بحثونو کې مو وويل چې ډير وختونه ساختمانونه دهغې کاري شرايطو ،په پام کې نيولوسره اوهمدارنګه دمحکم والي (مظبوطوالي)اواستواري (پايښت) دزياتوالي په خاطر ځينې اضافي تدابير ورته په نظر کې نيسي.مثلا سيستم ته اتکأ ووي ور زياتووي چې ددې اتکأوو زياتوالي سيستم په نامعلوم ستاتيکي کې سيستم

باندې بدلوي . دنمونې په ډول: كه يو ګاډر چې په دوو اتكأوو متكې وي دهغې داوږدوالي دكموالي لپاره دريمه اتكأ په منځنې برخه دګاډر كې ورزياتوي اويا ديوه

كنسولي ګاډر دكړوپوالي دكمښت لپاره چې يوسر يې آزاد اوبل سر يې په ثابته اتكأ كې محكم شوي دې ، يوه بله اتكأ آزاد سر ته ور زياته وي مختلف ډولونه دناټاكلو ساختمانونو (79.6- شكل) كې ښودل شويدې:

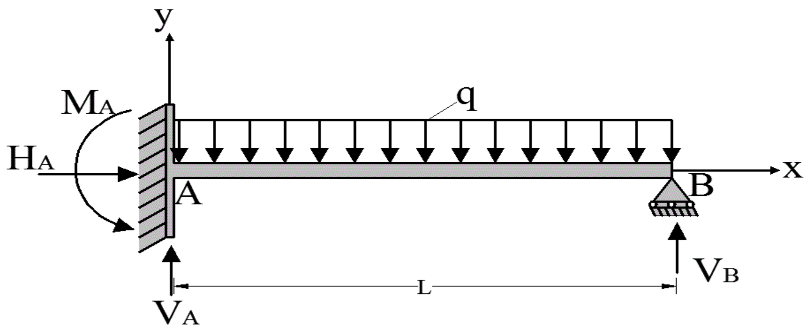


79.6- شكل :ټاكلي اوناټاكلي ګاډرونه

په نامعلومو ستاتيكې ګاډرو كې شمېره داتكأ يزو عكس العملو ډير نسبت ستاتيكې تعادلي معادلوته وى .دناټاكلتوب درجه يې دعكس العملو دشمېرې څخه چې شمېره دستاتيكې معادلو كمه شي ، نو درجه يې معلومېږي .دمثال په ډول كه داتكأيزو عكس العملو شمېر څلور اودستاتيكې معادلو شمېر دري وي ، نو ويلي شو چې سيستم يوځلې نامعلوم ستاتيكې دې ، ددې نامعلوموالي دمعلومولو لپاره دګاډر دارتجاعي كرښې معادله (تفاضلي معادله) او دهغې انتيګرال نيوونه كاروو.

كه چېرې يو ټاكلي ستاتيكې ګاډر ولرو اوپه هغې باندې يوه اتكأ ور زياته كړو ، نو ګاډر په ناټاكلي ستاتيكې ګاډر باندې بدلېږي ، چې پدې وخت كې يو نوي شرط چې هغه كړوپوالي په اتكأ كې له صفر سره مساوي دې ، رامنځته كېږي اويا پيدأ كېږي . بنأ پردې دوه ځلې انتيګرال نيوونه دګاډر دارتجاعي كرښې معادلې ، شمېره دمجهولاتو او مجموعه دمعادلو برابروي .داطريقه داول ځل لپاره په 1862 ميلادې كال كې ناوييې پيشنهاد كړى وه .[9],[2].

30.مثال: لاندې رسم شوي ګاډرچې دوېشلي منظم دبارتراغېزې لاندې پروت دی،اتکأ یزعکس العملونه عرضي قوه ، دکوږوالي مومنټ ، Q_B او کږوپوالي یې پیدأ کړي ؟[2].



80.6–شکل:نامعلوم ستاتیکې ګاډر

حل: اول یې ستاتیکې معادلې ترتیبوو :

$$\sum F_X = 0 \quad ; \quad H_A = 0 \quad ....1$$

$$\sum F_y = 0 \quad ; \quad V_A + V_B - qL = 0 \quad ....2$$

$$\sum M_A = 0 \quad ; \quad V_B \,.\, L - q\,\frac{L^2}{2} + M_A = 0 \quad ...3$$

له پورته معادلوڅخه لیدل کېږي چې څلور ناڅرګندې قوې موجودې دي، پداسې حال کې چې دستاتیك دري معادلې لرو ، نو ویلی شو چې سیستم یوځلې ناټاکلي ستاتیکې دي .دګاډر دغوڅې طریقې په مرسته ښې خوأ غوڅوو او دمومنټ معادله ورته ترتیب اولیکو :

$$M_Z = V_B \,.\, X - q\,\frac{X^2}{2} \quad ....\quad 4$$

دګاډر دارتجاعي خط معادله یې په دې ډول ده :

$$E.\mathcal{J}_x.\,y'' = V_B \,.\, X - q\,\frac{X^2}{2} \quad ....\quad 5$$

د5 معادلې دوه ځلې انتیګرال نیسو:

$$E.\mathcal{J}_x.y' = V_B .\frac{X^2}{2} - q\ \frac{X^3}{6} + C\ \ \ldots\ldots.\ \ 6$$
$$E.\mathcal{J}_x.y = V_B .\frac{X^3}{6} - q\ \frac{X^4}{24} + C(x) + D\ \ \ldots\ldots.\ \ 7$$

کله چې ثابت عناصر دمعادلو دانتیګرال نیولوسره زیاتیږي خو نظر سرحدې شرایطو ته کولاې شو هغه پیدأ کړو :

1. په هغه صورت کې چې x=0 وي ، نو y=0 کیږي یا کړوپوالي په اتکأ کې صفر دې .

2. که x=L شي ، نو y=0 کیږي .

داول شرط تطبیق په (7) معادله کې به D=0 شي . او له دوهم شرط څخه په ګټې اخیستنې په پورته معادلو کې به پیدأ کړو چې :

$$V_B\ \frac{L^2}{2} -\ q\ \ \frac{L^3}{6} + C = 0\ \ \ldots..8$$
$$V_B\ \frac{L^3}{6} -\ q\ \ \frac{L^4}{24} + C.L = 0\ \ \ldots..9$$

که اطراف د(9) معادلې په L باندې ووېشو او له (8) معادلې یې تفریق کړو ، پیدأ به کړوچې:

$$V_B\ \frac{L^2}{2} -\ q\ \ \frac{L^3}{6} - V_B\ \frac{L^2}{6} +\ q\ \ \frac{L^3}{24} + C - C = 0 => V_B\ = \frac{3}{8}\ qL$$

د V_B قیمت که په ستاتیکې معادلو کې وضع کړو پیدأ به کړوچې:

$$V_A = \frac{5}{8}\ qL \qquad ; \qquad M_A = \frac{qL^2}{8}$$

اوس یې عرضي قوې اودکوږوالي مومنتونه شمېرو اودیاګرامونه یې رسموو.

$$Q_y = V_A - q.x \qquad ; \qquad M_X = V_A.x - q\ \frac{x^2}{2} - M_A$$
$$x = 0\ \ => \quad Q_y = V_A = \frac{5}{8}\ qL \qquad ; \qquad M_X = -\frac{qL^2}{8}$$
$$x = \frac{5}{8}L => \quad Q_y = 0 \qquad ; \qquad M_X = +\frac{9}{128}qL^2$$

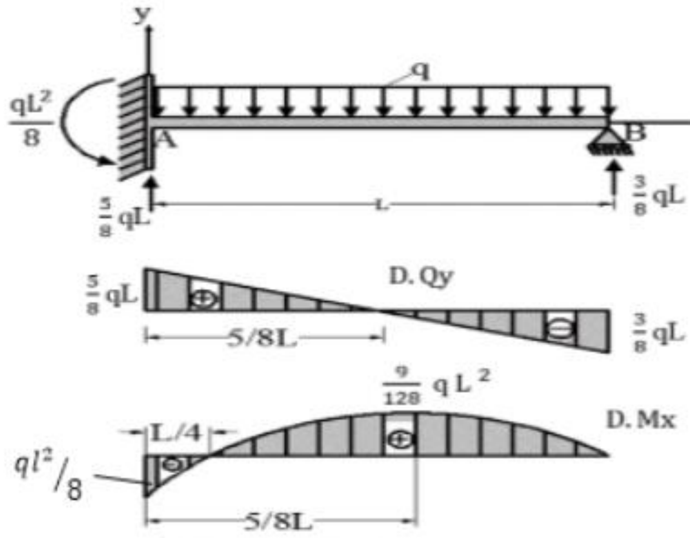
$$x = L \Rightarrow \quad Q_y = -\frac{3}{8}qL \qquad ; \qquad M_X = 0$$

دشمېرل شويو و قيمتو له مخې يې دياګرامونه رسموو:

اوس د V_B پيدأ شوي قيمت په (8) معادله کې ږدو پيدأ به کړو چې:

$$C = -\frac{3}{8}\, qL \cdot \frac{L^2}{2} + \frac{qL^3}{6} = -q\frac{L^3}{48}$$

د C او V_B قيمتونه په (6) او (7)معادلو کې ږدو ، ترلاسه به کړو چې:

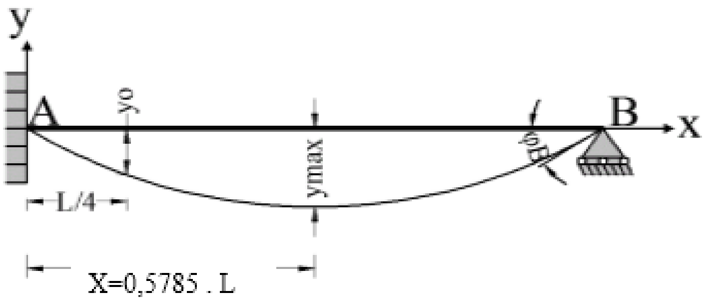


79.6–شکل:د(Q_y)او (M_X) دياګرامونه

$$E.\mathcal{J}_x.y' = \frac{3}{16}qx^2\,L - q\frac{x^3}{6} - q\frac{L^3}{48}$$

$$E.\mathcal{J}_x.y = \frac{3}{48}qx^3L - q\frac{x^4}{24} - q\frac{L^3}{48}$$

که چېرې د(x)بدليدونکې فاصلې ته مختلف قيمتونه ورکړل شي د (y) دياګرام (82.6 –شکل) مطابق پيدأ کېږي.



82.6 – شکل: دګادر دکږوېوالي دیاګرام

اوس پورتني (30) مثال په بله طریقه حلوو:

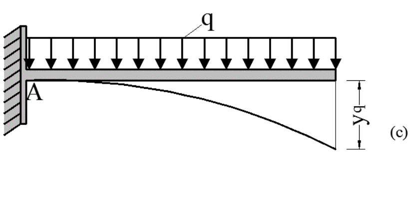
31.مثال: درکړل شوی ګاډر دیوې ثابتې اتکأ درلودونکې دې(a83.6 -**شکل**) ،دګاډر دشخي تامین په خاطر او دزیات کږوېوالي دمخنیوي له پاره یوه مفصلي اتکأ په ګاډر باندې ورزیاتوو (b83.6- **شکل**) چې کږوېوالي په هغه نقطه کې مساوي له صفر سره دې.

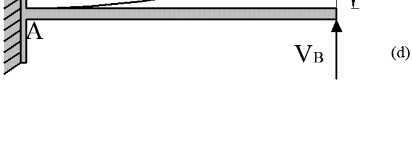
دستاتیکې تعادل معادلې یې لیکو:

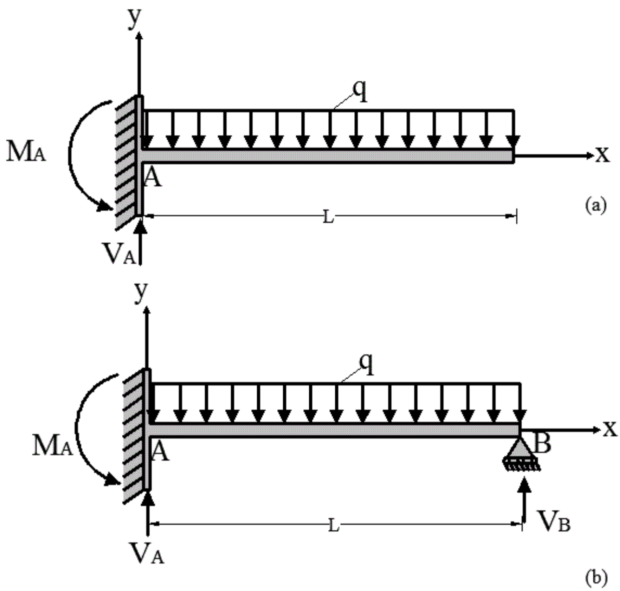
$$\sum F_X = 0 \quad ; \quad H_A = 0$$

$$\sum F_y = 0 \quad ; \quad V_A + V_B - qL = 0$$

$$\sum M_A = 0 \quad ; \quad V_B \, . L - q \, \frac{L^2}{2} + M_A = 0$$







83.6 -شکل:د(31) مثال اړوند

له پورته معادلو ښکاري چې سیستم یوځلې نا ټاکلي ستاتیکې دې.دعکس العملودپیدأ کولو له پاره کړوپوالي د B په نقطه کې پیدأ کوو.پدې ډول یې تصور کوو چې یو ځلې ګاډر دوېشلي بار (q) له اغېزې دBپه نقطه کې د(y_q)په اندازه او دوهم وار یې د (V_B) له اغېزې پورته خواته د y_{VB} په اندازه کړوپوالي پیدأ کوي نو دوېشلي بارله اغېزې کښته خواته دکړوپوالي اندازه جمع یې د(V_B) له اغېزې پورته خواته دکړوپوالي اندازه مساوي دې په :

$$y_B = y_q + y_{VB}$$

اوس دکړوپوالي مقدار دوېشلي بار له اغېزې او عکس العملي قوه په جدأ ډول پیدأ کوو:

$$M_Z = \frac{-qx^2}{2}$$

$$E.\mathcal{J}_x.y'' = \frac{-qx^2}{2} \qquad ; \qquad E.\mathcal{J}_x.y' = -q\,\frac{x^3}{6} + C$$

په هغه صورت کې چې (X=L) شي ، نو په دې حالت کې (y'=0) کېږي،نو ليکلاي شوچې:

$$-\frac{qL^3}{6}+C=0 => V_C=\frac{qL^3}{6}$$

دوېشلي بار له اغېزې دکړوپوالي معادله ليکو:

$$E.\mathcal{J}_x.y=-q\,\frac{x^4}{24}+Cx+D$$

په هغه صورت کې (X=L) شي نو کړوپوالي يې په دې حالت کې (y=0)صفر دې او د (D=0)ثابت هم له صفر سره مساوي کېږي، نوکه د (C)قيمت په پورته معادله کې کيږدو پيدأ به کړو چې:

$$E.\mathcal{J}_x.y_q=+q\,\frac{L^4}{24}+q\,\frac{L^4}{6}=\frac{qL^4}{8}=>y_q=\frac{qL^4}{8E.\mathcal{J}_x}$$

دعکس العملي قوې له اغېزې:

$$M_X=V_B\,.X$$

$$E.\mathcal{J}_x.y''=V_B\,.X\ \ ;\ E.\mathcal{J}_x.y'=V_B\frac{X^2}{2}+C\ \ ;\ E.\mathcal{J}_x.y=V_B\frac{X^3}{6}+Cx+D$$

دسرحدې شرايطو په پام کې نيولو سره دانتيګرال ثابتو قيمتو دوضع کولو څخه وروسته به لاندې معادلې پيدأ کړو:

$$y_{VB}=V_B\,\frac{L^3}{3E.\mathcal{J}_x}$$

$$y_B=y_q+y_{VB}=>-\frac{qL^4}{8E.\mathcal{J}_x}+V_B\,\frac{L^3}{3E.\mathcal{J}_x}=0=>C=\frac{3}{8}qL$$

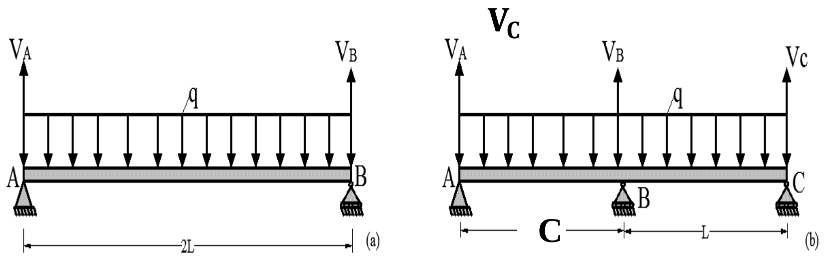
دپورته قيمت کيښودل په ستاتيکې معادلو کې به لاندې قوې پيدأ کړو:

$$V_A=\frac{5}{8}qL\qquad;\qquad M_A=\frac{qL^2}{8}$$

دلاسته راغلو قيمتو اود (b) شکل په پام کې نيولو سره عرضې قوه او دکوږوالي مومنټ يې مساوي دې په :

$$Q_y = -V_B + q.x = -q\left(\frac{3}{8}L - x\right) \quad : \ M_X = \frac{3qL}{8}.x - q\frac{x^2}{2} = \frac{qx}{2}(\frac{3L}{4} - x)$$

32.مثال: د (AC) ګاډر چې لرونکې ددوواتکأ وو دې ،دوایې اوږدوالي يې (2L)دې، دوېشلي بار تر اغېزې لاندې پروت دې (6. 84 a–شکل) له شکل معلومېږي چې اوږدوالي دګاډر زيات دې نو دګاډر دشخي دپوره کولو لپاره په منځ دګاډر کې يوه بله اتکأ ورزياتوو د (84.6 b– شکل).[2].



84.6 –شکل :د(a,b) برخي

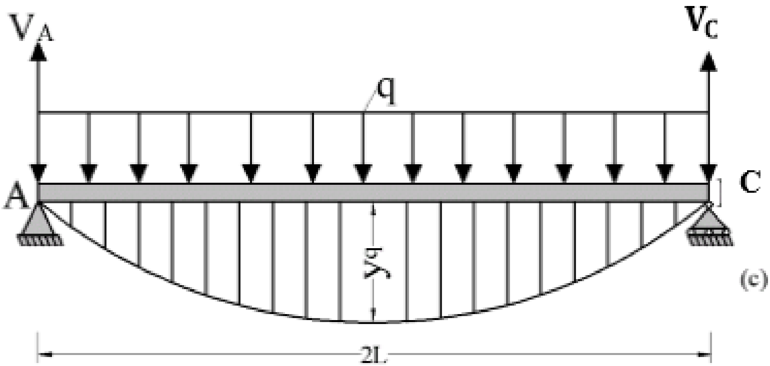
حل: په اول کې يې عکس العملونه پيدأ کوو :

$$\sum M_B = 0 \quad ; \quad -V_A.\ L + V_C.L - q\frac{L^2}{2} + q\frac{L^2}{2} = 0 => V_A = V_C$$

$$\sum F_y = 0 \quad ; \quad V_A + V_C + V_B - q.2L = 0 => V_A = qL - \frac{V_B}{2}$$

دګاډر له بڼې (شکل) اوستاتيکې معادلو ښکاره کېږي چې سيستم ناټاکلي ستاتيکې دې .

ددې ستاتيکې سيستم دحل په خاطر دقوو دمستقل عمل له طريقې (په ګاډر باندې دهرې قوې عمل کړنه)ګټه پورته کوو . اودا قبلوو چې ګاډر يو ځلې دوېشلي بار له اغېزې کړوپوالي او دوهم وار د V_B عکس العمل له اغېزې کړوپوالي پورته خواته زغمي . دوېشلي بار له اغېزې(6. c84 –شکل):



$$\sum M_C = 0 \quad => \quad -V_A \, . \, 2L + q.2L.L = 0 => V_A = q\,L$$

$$M_X = V_A\,.X - q\frac{X^2}{2} \qquad ;$$

$$E.\mathcal{J}_x.y'' = V_A\,.X - q\frac{X^2}{2}$$

$$E.\mathcal{J}_x.y' = V_A\frac{X^2}{2} - q\frac{X^3}{6} + C$$

$$E.\mathcal{J}_x.y = V_A\frac{X^3}{6} - q\frac{X^4}{24} + Cx + D$$

په هغه صورت کې چې (X=0) وی نو (y=0) او (D=0)کېږي.
او د (X=L) په صورت کې (y'=0) نو د C ثابت قیمت د'y یا دوران له معادلې پیدأ کوو:

$$V_A\frac{L^2}{2} - q\frac{L^3}{6} + C = 0 => C = -q\frac{L^3}{3}$$

که V_B عکس العمل نه وي پس : $V_A = V_C = q.L$

که دکړوپوالي په معادله کې د C قیمت کیږدو ډېر لوي کړوپوالي به دوښلي بار له اغېزې پکې را پیدأ شي:

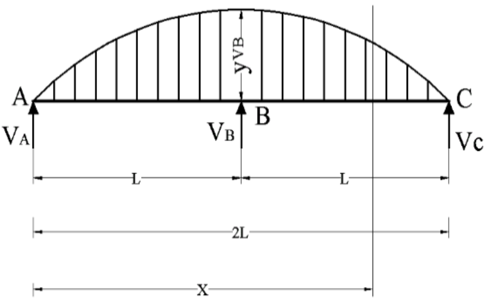
$$E.\mathcal{J}_x.y = V_A\frac{X^3}{6} - q\frac{X^4}{24} + \left(-q\frac{L^3}{3}\right).X$$

پوهيږو چې دکړوپوالي اعظمي قيمت دګاډر په مرکزي برخه کې دوېشلي بار له اغېزې رامنځته شويدې،نو که د (X=L) قيمت په معادلو کې کيږدو ، دکړوپوالي له معادلې به پيدأ کړو چې:

$$y_q = -\frac{5qL^4}{24\,E.\mathcal{J}_x}$$

اوس کړوپوالي دګاډر د V_B عکس العمل له اغېزې پيدأ کوو (d84.6 –شکل):

عکس العملونه اوکوږوالي مومنټ يې پيدأ کوو:



(d)

$$V_A = V_C = \frac{V_B}{2}$$

$$M_X = V_A\,.X - V_B(X-L) \qquad ;$$

$$E.\mathcal{J}_x.y'' = V_A\,.X + V_B(X-L)$$

$$E.\mathcal{J}_x.y' = V_A\frac{X^2}{2} + V_B\frac{(X-L)^2}{2} + C$$

$$E.\mathcal{J}_x.y = V_A\frac{X^3}{6} + V_B\frac{(X-L)^3}{6} + Cx + D$$

په هغه صورت کې چې (X=0) وی نو (y=0) او (D=0)کېږي ، او د (X=L) په صورت کې (y'=0) نو د C ثابت قيمت د'y يا دوران له معادلې په لاندې ډول پيدأ کوو:

$$V_A\frac{L^2}{2}+C=0=>C=-V_A\frac{L^3}{2}=-\frac{V_B}{2}.\frac{L^2}{2}=>C=-V_B\frac{L^2}{4}$$

د C پیدأ شوي قیمت دکړوپوالي په معادله کې ږدو ، اعظمي کړوپوالي د V_B عکس العمل له اغېزې را پیدأ کېږي ، په هغه صور ت کې چې X=L سره وي .

$$E.\mathcal{J}_x.y=\frac{V_B.L^3}{12}-\frac{V_B.L^3}{4}=>y_{VB}=-\frac{V_B.\ L^3}{6\ E.\mathcal{J}_x}$$

پوهیږو چې دګاډر په منځ کې دیوې اتکأ زیاتوالي دکړوپوالي او دوران زاویې دصفر کولو له پاره یو بل شرط را پیدأ شویدې ،نو په دې ډول به آخر دې پایلې ته ورسیږو چې کړوپوالي دوېشلي با رله اغېزې او د V_B عکس العملې قوې له اغېزې د B په ټکې کې له صفر سره مساوي دې بنأ پردې له الجبري حاصل جمع څخه یې لیکلای شو چې:

$$y_B=y_q+y_{VB}=0$$

داصولو مطابق کړوپوالي دوېشلي بار له آغیزي مثبت او د V_B له اغېزې منفي دې:

$$\frac{5qL^4}{24\ E.\mathcal{J}_x}-\frac{V_B.\ L^3}{6\ E.\mathcal{J}_x}=0=>V_B={}^5\!/_4\ q.L$$

که د V_B قیمت دستاتیك په معادلو کې وضع کړو نو :

$$V_A=V_C=\frac{5}{8}\ q.L$$

33.مثال: دیوه معلوم ستاتیکی ګاډردمحکم والي اوشخی محاسبه دکوږوالی (انحناء) په صورت کی دلاندی غوښتنو سره یوځاي سرته ورسوي:[2].

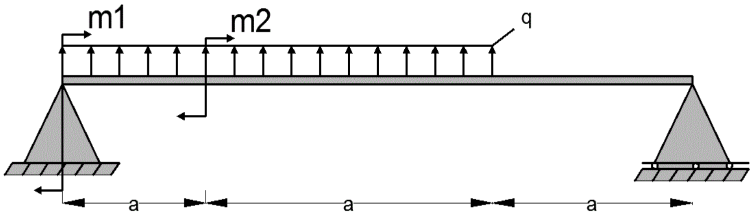
1.دبارشوی ګاډر دمحاسبوی شېماترتیب اورسمول په یوه معلوم مقیاس سره.

2. داتکاییزوعکس العملونوپیداء کول.

3.ګاډردهری برخی عرضی قوه اوکوږوالی مومنټونومحاسبه اودهغی ددیاګرامونوکاږل (رسمول).

4.دګاډر دمحکم والي محاسبه نظر راکړل شویوو مجازی تشنجاتوته ،دخطرناکی مقطعی ټاکل دګاډرنظردکوږوالی مومنټ دیاګرام ته دتري(ناوه)ډوله انګلارن.

5. دمحکم والي دشرايطوڅخه په ګټې اخيستني سره دبې خطره او مناسبواندازو پيدأ کول دمستطيلي($h = 2b$)، دايره وي ،حلقه يي($a = \frac{d}{D} = 0,8$) او دوه مخي ياترې ډوله انګلارن دمقطعوله پاره .
6.دمحاسبه شويومقاطعو له ورته والي(مقايسي)څخه داقتصادي مقطع انتخاب.
7.پايله :



85.6 –شکل:د(33) مثال اړوند

دشمېرنی لپاره راکړل شوي شمېرني(ارقام):

$M1 = 60KN.m,\ \ M2 = 80KN.m$

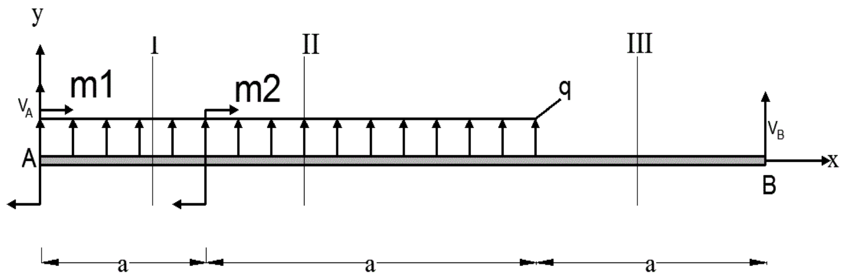
$q = 20KN/m,\ \ a = 2m,\ \ [б] = 160Mpa,\ \ [\tau] = 90Mpa,\ \ E = 2.x10^5Mpa$

$G = 8.10^4Mpa$

حل:

1.دمحاسبی لپاره دمحاسبوی شېما ترتيبول:

ددی مشکل لپاره اتکاء وی په عکس العملو بدلوو–اوداعکس العملونه شمېرو:



86.6 -شکل:محاسبوي شېما دګاډر

داتکــا یزوعکس العملواومومنتونودپیــداکولولپاره د(A)او(B)نقطــی پــه پــام کــی نیسو:

$$\sum M_A => -M1 + (q.2a).a - M2 + V_B.3a = 0 = \\ > -60 - 20.4.2 - 80 + V_B.6 = 0 => V_B = -3,3KN$$

$$\sum M_B = 0 => -M1 - (q.2a.2a) - M2 - V_A.3a = 0 = \\ > -60 - 20.4.4 - 80 - V_A.6 = 0 => V_A = -76,7KN$$

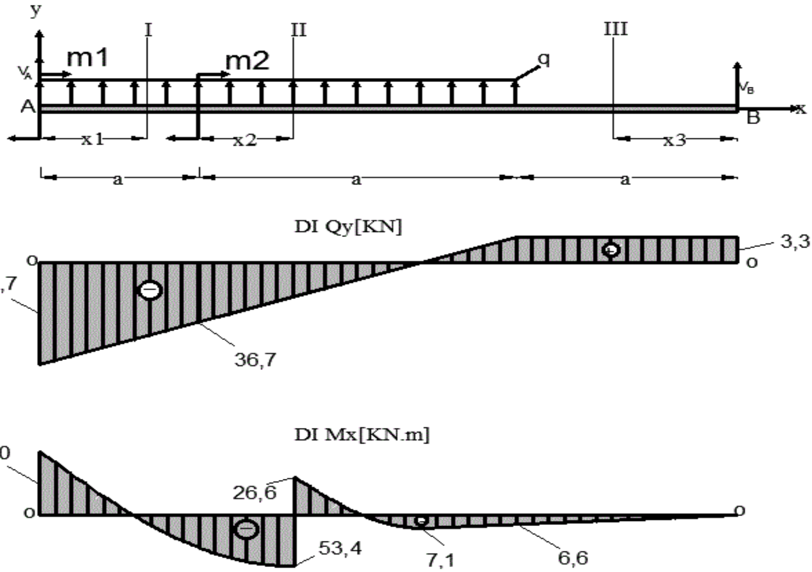
ددرستوالي ازمايښت کوو:

$$\sum Fy = 0 => -V_A + q.2a - V_B = 0 => -3,3 + 20.4 - 76,7 = 0$$

ليدل کېږي چې حل یی سم دي.

$$80 - 80 = 0 => 0 = 0$$

2.دداخلی قوو M_XاوQ_Yپیداکول اودهغی داپیورونورسمول:ددی موخې (هدف) دسرته رسوولو لپاره دغوځی له طریقی څخه ګټه پورته کوو اوهره برخه دګاډرشمېرو(87.6- شکل) .



87.6 –شکل:دګاډر غوخې او د(Q_Y) او(M_X) دیاګرامونه

$I - Isection :-$

$Q_{y1} = -V_A + qx_{1,} \quad ; \quad M_{X1} = M_1 - V_A + q\,.\,x_1$

$X_1 = 0 => Q_{y1} = -76{,}7KN; M_{x1} = 60KN.m$

$II - II$ Section:

$Q_{y2} = -V_A + q(a + X_2)$

$M_{x2} = M_1 + M_2 - V_A(a + X_2 + q.\frac{(a+x2)^2}{2}$

$X_2 = 0 => Q_{y2} = -36{,}7KN; \quad M_{x2} = 26{,}6KN.m$

$X_2 = a => Q_{y2} = 3{,}3KN; \quad M_{x2} = -6{,}6KN.M$

$III - III$ Section: $-$

$Q_{y3} = V_B \;;\; M_{x3} = V_B.X_3 => X_3 = 0 => Q_{y3} = 3{,}3KN\,;\, M_{x3} = 0$

$X_3 = a => Q_{y3} = 3{,}3KN \;;\; M_{x3} = -6{,}6KN.m$

دپورته پیداشویو قیمتونوپربناءدQyاوMxاپیورونه دګاډردهری برخی لپاره کاږو(87.6–شکل).

3.دمحکم والي محاسبه :پوهیږوچی دمحکم والي محاسبه دګاډر په عرضی مقطع کی داعظمی تشنجاتوپیداکول چې دمجازي تشنجاتوڅخه باید کوچني وی.همدارنګه دمحکم والي له شمېرنی کولای شو دمقطع دمقاومت مومنټ اودعرضی مقطع مساحت هم وشمېرو.دمحکم والي شرط یی په لاندی ډول دی:

$$б_{max} = \frac{Mx\,max}{Wx} \leq [б] => W_x \geq \frac{Mx\,max}{[б]} = \frac{60.10^3 N.m}{160.10^6 \,{}^{N}/_{m^2}}$$

$$= 0{,}000375m^3$$

$$W_x \geq 375cm^3$$

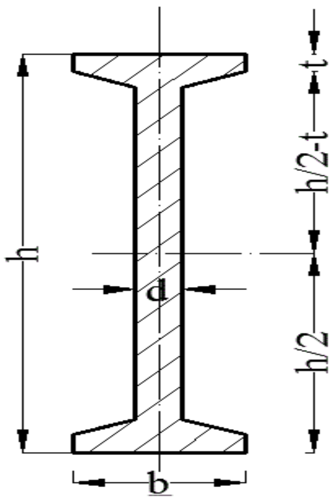
4 .دګاډردمقطع انتخاب:دګاډردعرضی مقطع دانتخاب لپاره دمقاومت مومنټ اودمحکم والي شرایط په پام کی نیسو:

1.دوه مخی دIډوله انګلارن مقطع(88.6-شکل):

شمېرل شوی دمقاومت مومنټ ته دسورت بندي جدول څخه 27شماره Iډوله انګلارن انتخابوو:ځکه چې دهغې شمېري(ارقام)محاسبوي شمېروته نږدې دی:

$$W_x = 371cm^3 \quad , \quad A = 40{,}2cm^2$$

$$\mathcal{J}x = 5010cm^4 \quad , \quad Sx = 210cm^3$$



88.6-شکل- I بیم

اوس انتخاب شوی Iډوله انګلارن دمحکم والي له مخي ازمايښت کوو:

$Ϭ = \frac{Mx_{max}}{Wx} = \frac{60.10^3 N}{371.10^{-6m^2}.10^6} = 161,7Mpa$

له پورته شمېرنې ليدل کېږي چې محاسبه شوي تشنجات لږڅهٔزيات دی نظرمجازي تشنجاتوته ،له بلې خواپوهيږوچې دتشنجاتوزياتوالي بايد له 5% څخه زيات نه وي چې دا مشکل يې هم شمېرو:

$$δ = \frac{161,7}{160}.100\% = 1,1\%$$

څرنګه چې دزياتوالي فيصدې دتشنجاتوله5%څخه کمه ده ،نود27شمارې Iډوله انګلارن انتخاب سم دی.

دګاډردمحکم والي ازمايښت داعظمي مماسي تشنجات له مخې:دمجازي مماسي تشنجاتو مقدار د لاندې رابطې په واسطه موندلی شو:= $[\tau] = 0,6.[Ϭ] = 0,6.160$ $96Mpa$پورتني رقم يې 90Mpaقبولوو.

ډېرزيات مقدار دمماسي تشنجاتوپه منځ دانګلارن کې يا په هغه منځني برخه کې چې هلته نارملي تشنجات صفردي،منځ ته راځي،بناء پردې $\tau_{max} = \frac{Q_{max.S_x}}{\mathcal{J}x.\ d} \leq [\tau]$

که قيمتونه پکې وضع کړونوپيدا به کړوچې: $\tau_{max} = 53,6Mpa < [\tau] = 90Mpa$;

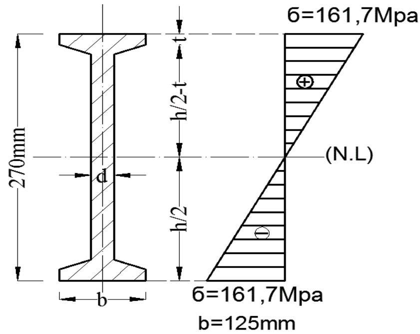
اوس دIبيم ډوله انګلارن په عرضی مقطع کی دتشنجاتومقدارپيداکوو.پوهيږوچې صفري کرښه ياخنثی محور ياهغه برخه دګاډر چې په هغه کې تشنجات صفر وي په منځ دIډوله انګلارن کې(h/2) پرته ده ،نوددې ليکنې په پام کې نيولوسره دنارملي تشنجاتومقدار په لاندې ډول پيدا کېږي:

$$Ϭ = \frac{M_{max}}{\mathcal{J}x}.y$$

په هغه صورت کې چېy=0وي،نو Ϭ=0 دې.اوکهy قيمتونه واخلي نو تشنجات يې په دې ډول دې:

$y = \frac{h}{2} => б = 161,7Mpa\ ; y = -\frac{h}{2} => б = -161,7Mpa$

دتشنجاتو دیاګرام یې په (89.6–شکل)کې رسم شویدې .



89.6–شکل:دنارملي تشنجاتو اپیور(دیاګرام)

2.دایروي مقطع:

$$Wx = \frac{\pi d^3}{32} => d = \sqrt[3]{\frac{32Wx}{\pi}} = \sqrt[3]{\frac{32.371}{3,14}} = 15,5mm$$

$$A = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3,14(15,5)^2}{4} = 188,6mm^2$$

3.حلقه یې مقطع: $a = \frac{d}{D} = 0,8$

$$Wx = \frac{\pi d^3}{32}(1 - a^4) => D = \sqrt[3]{\frac{32Wx}{\pi(1-a^4)}} = \sqrt[3]{\frac{32.371}{\pi(1-0,8^4)}} = 18,6mm$$

$$A = \frac{\pi d^3}{32}(1 - a^4) = 160,3mm^2$$

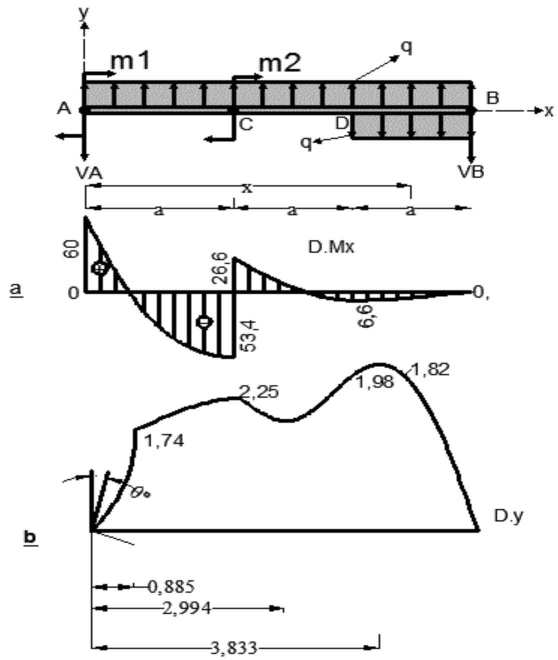
4.مستطیلي مقطع :

$$Wx = \frac{bh^2}{6} = \frac{4b^3}{6} => b = \sqrt[3]{\frac{3.3H}{2}} = 8,2mm\ ; \quad h = 2b$$

h=2b=2 . 8,2=16,4mm ; A=b.h=8,2.16,4=134,9mm^2

اوس محاسبه دشخي دنقطې نظره ګورودعرضی مقطعې اندازې اودګاډرکړوپوالي پیداکوو:

وېشلي بارودګاډر په کېنودوه برخوعمل کړېدې نووېشلي بارونه دکړوپوالي اودوران زاويې دپيداکولو لپاره دابتدايي پارامتروپه طريقه ترآخيردښې سرپوري رسوواوددې لپاره چې په تعادل دګاډرکې بدلون رانشي په مقابل لوري يې وېشلي بارهم ورزياتوو(90.6–شکل).



90.6–شکل:د (y) او (Mx)دياګرامونه

له هغې ځايه چې دعکس العملوقيمتونه منفي پيداشويدې په(90.6–شکل) کې يې لوري دعکس العملو لاندې خواته رسموو:

وارده قوې اوعکس العملونه يوځلې بياليکو:

$q = 20\,{}^{KN}/_{m}$, $M1 = 60KN.m$, $M2 = 80KN.m$

$VA = 76,66KN$, $VB = 3,33KN$

دکاردیناتوپیل له کینې خواانتخابوواودکینې خواد(X)په خاطرمومنټ آخلو:

$$Mx = M_1 + M_2 - V_A . X + q\frac{x^2}{2} - q\frac{(x-2a)^2}{2}$$

وروسته له دوه ځلې انتګرال نیوونې داپتدایی پارمترو په طریقه‌ګاډر دارتجاعی کربښې معادله په لاس راوړو:

$$E\mathcal{J}xY = E\mathcal{J}xy_\circ + E\mathcal{J}x\varphi_\circ . X + \frac{M_1X^2}{2} + M_2\frac{(x-a)^2}{2} - V_A\frac{X^3}{6} + q\frac{X^4}{24} - q\frac{(x-2a)^4}{24}$$

دسرحدې شرایطوڅخه په ګټې اخیستنې ابتدایې پارامترونه یی پیداکوو په هغه صورت کې که x=3aشي نو0=yاو0=´yکېږي نوکولي شوچې ولیکو:

$$E\mathcal{J}xy_\circ . 3a + \frac{M_1 9a^2}{2} + M_2\frac{(3a-a)^2}{2} - V_A\frac{27a^3}{6} + q\frac{81a^4}{24} - q\frac{(3a-2a)^4}{24} = 0$$

که په پورته معادله کې قیمتونه وضع کړووبه لروچې:

$$E\mathcal{J}xy_\circ . 3a = -1080 - 640 + 275975 - 1080 + 13{,}3 = -26{,}91 KN . m^2 =>$$

$$E\mathcal{J}xy_\circ = -4{,}485 KN . m^2 => \varphi_\circ = \frac{-4{,}485}{E\mathcal{J}x} = -42 . 10^{-6} rad$$

اوس ګاډرپه مختلفوبرخوکې دکړوپوالي کمیت شمېرو:1-دcپه نقطه کې چې x=a=2mشي:

$$E\mathcal{J}xy_c = 0 + E\mathcal{J}x\varphi_\circ . a + \frac{M_1a^2}{2} - V_A\frac{a^3}{6} + q\frac{a^4}{24} =>$$

$$E\mathcal{J}xy_c = -4{,}485 + \frac{60.2^2}{2} - 76{,}66\frac{2^3}{6} + 20\frac{2^4}{24} = 22{,}147 KN . m^2 => y_c = \frac{22{,}147}{E\mathcal{J}_x} = 2{,}25mm.$$

مجازي کړوپوالي دګاډرټول اوږدوالي ته مساوي دې په:= $[f] = 0{,}002L . 3a =$ 12mm

څرنګه چې دcنقطې کړوپوالي له مجازي کړوپوالي کم دې،نوکړوپوالي یی خطرناك نه بلکه مناسب دې.

2. دDپه نقطه کې(x=2a=4m)کړوپوالي شمېرو:

$$E\mathcal{J}xy_D = 0 + E\mathcal{J}x\varphi_\circ .2a + \frac{M_1X^2}{2} + M_2\frac{(2a-a)^2}{2} - V_A\frac{2a^3}{6} + q\frac{(2a)^4}{24} =>$$

$$E\mathcal{J}xy_D = -4{,}485.4 + \frac{60.16}{2} + 80\frac{4}{2} - 76{,}66\frac{4^3}{6} + 20\frac{(4)^4}{24} =>$$

$$E\mathcal{J}xy_D = 17{,}66KN.m^2 \qquad => \quad y_D = \frac{17{,}66}{E\mathcal{J}x} = 1{,}76mm < 12mm$$

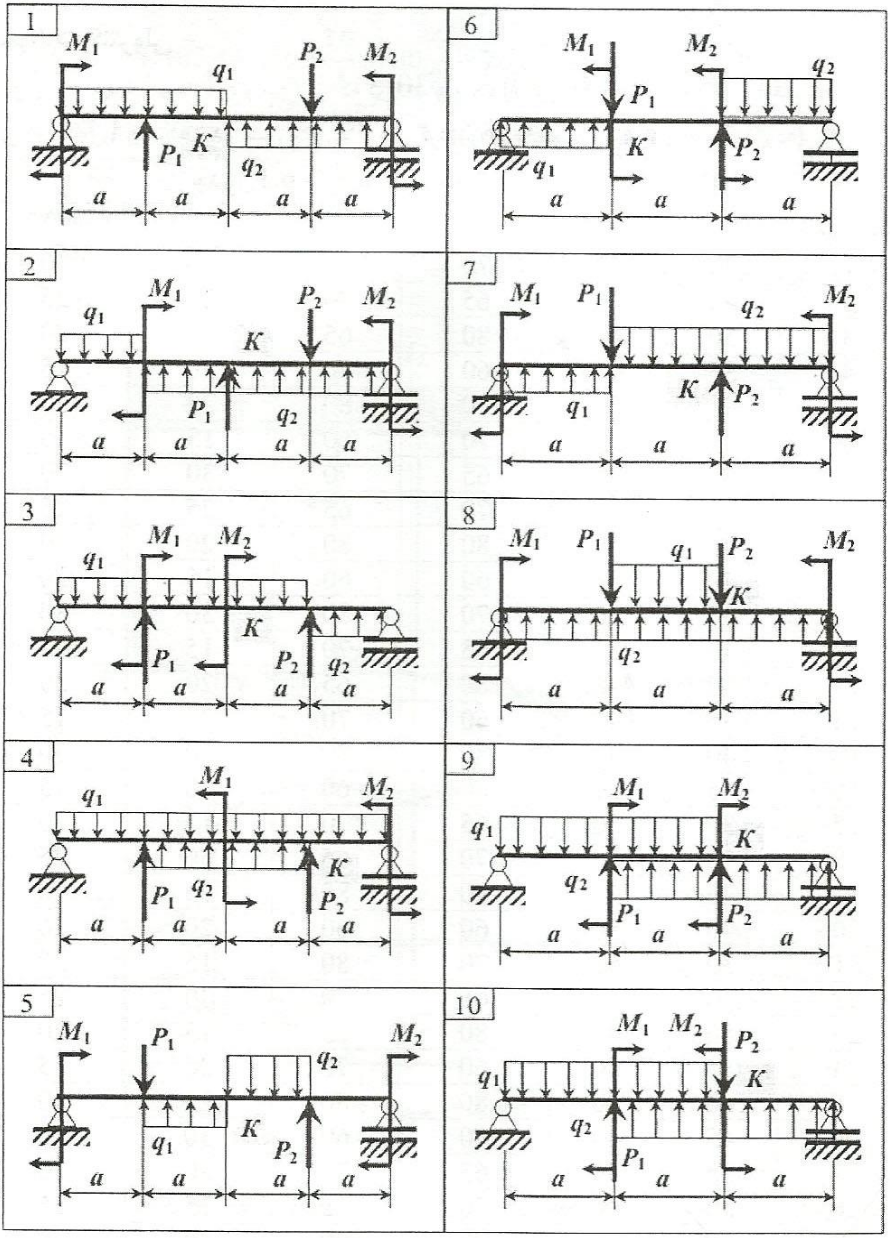
که چېرى د(x)بدليدونکې فاصلي لپاره مختلف قيمتونه ورکړو،کولی شودګا ډر دکړوپوالي دياګرام(اپيور) رسم کړو. (b90.6– شکل).

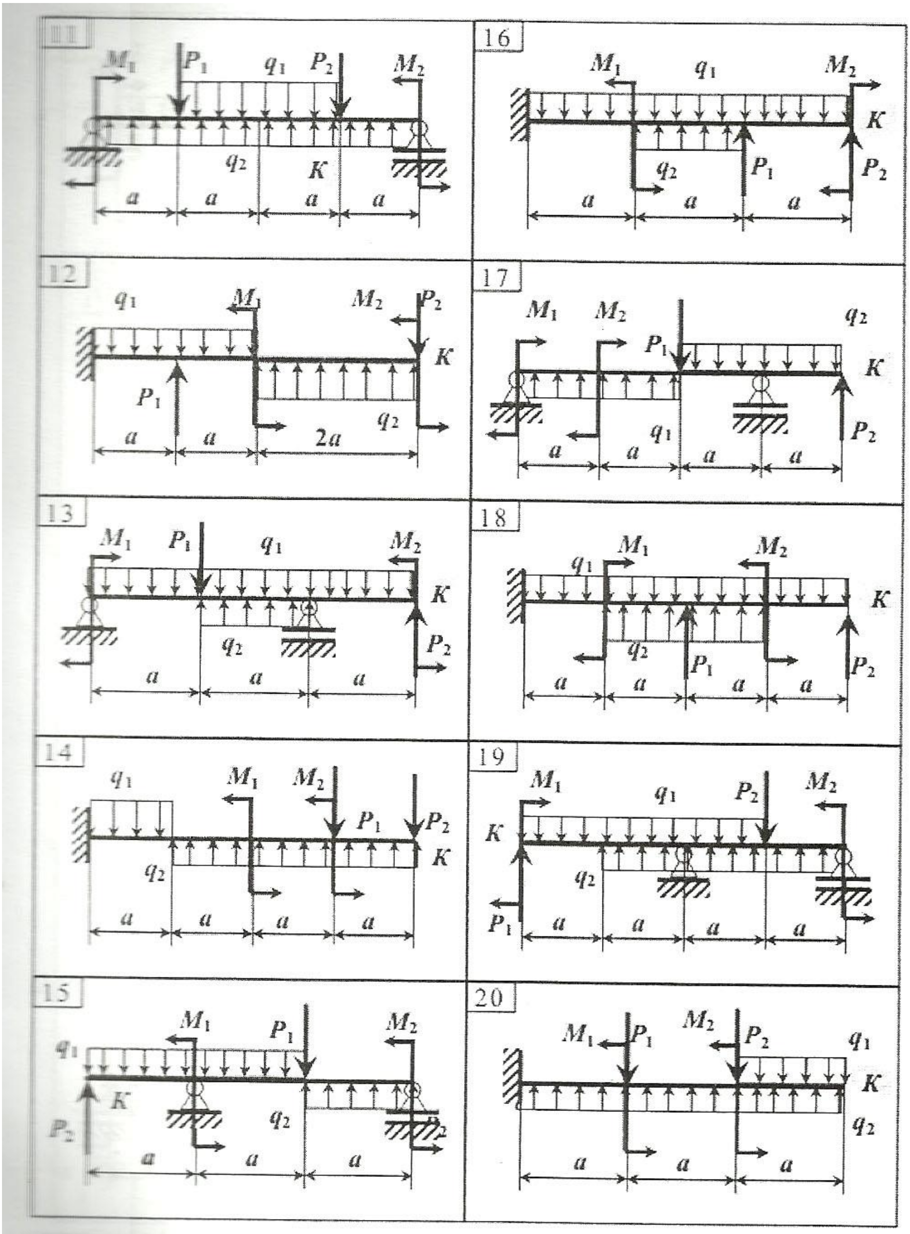
پايله:دګاډر دهرې يوي مقطعی دمساحتونو دمحاسبې څخه ليدل کېږي چې ډېر کم مساحت دIډوله انګلارن دې،په داسي حال کی چې ډېر لوی مساحت ددايروي مقطعی دی، که چيريIډوله عرضی مقطع مسطتيلی مقطع،دايروی اوحلقوی مقطعی سر ه پرتله کړو دی پايلي ته دشمېرني له مخي رسيږو چی کم مصرفهء اواقتصادی عرضي مقطع دIډوله انګلارن ده،نوهغه دساختمان لپاره انتخابوو.[2].

اتم نمبر(۸)کورنۍ دنده

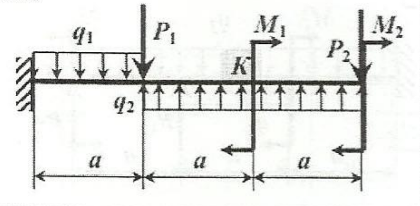
دمحاسبې داجرأ لپاره ضروري ارقام

درسم ګڼه	P_1(KN)	P_2(KN)	M_1(KN.m)	M_2(KN.m)	q_1(KN/m)	q_2(KN/m)
1	30	50	70	80	15	30
2	40	35	65	70	20	25
3	50	45	80	65	25	20
4	35	40	60	70	30	15
5	40	50	80	80	20	30
6	45	40	70	60	15	15
7	35	50	65	70	30	20
8	50	30	70	65	25	25
9	45	35	80	80	20	30
10	40	50	60	60	15	20
11	30	50	70	80	30	30
12	40	35	65	70	15	25
13	50	45	80	65	20	20
14	35	40	60	70	25	15
15	40	50	80	80	30	30
16	45	40	70	60	20	15
17	35	50	65	70	15	20
18	50	30	70	65	30	25
19	45	35	80	80	25	30
20	40	50	60	60	20	20
21	30	50	70	80	15	30
22	40	35	65	70	30	25
23	50	45	80	65	15	20
24	35	40	60	70	20	15
25	40	50	80	80	25	30
26	45	40	70	60	30	15
27	35	50	65	70	20	20
28	50	30	70	65	15	25
29	45	35	80	80	30	30
30	40	50	60	60	25	20

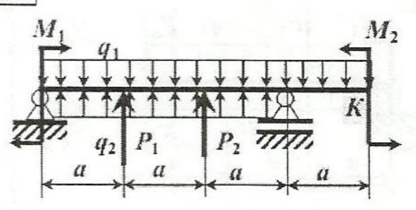

1
M_1 q_1 P_2 M_2 K P_1 q_2
a a a a
6
M_1 M_2 q_2 P_1 K P_2 q_1
a a a
2
M_1 q_1 P_2 M_2 K P_1 q_2
a a a a
7
M_1 P_1 q_2 M_2 K P_2 q_1
a a a
3
M_1 M_2 q_1 K P_1 P_2 q_2
a a a a
8
M_1 P_1 q_1 P_2 M_2 K q_2
a a a
4
M_1 q_1 M_2 K P_1 q_2 P_2
a a a a
9
M_1 M_2 q_1 K q_2 P_1 P_2
a a a
5
M_1 P_1 q_2 M_2 K q_1 P_2
a a a a
10
M_1 M_2 P_2 q_1 K q_2 P_1
a a a


11
M1 P1 q1 P2 M2
q2 K
a a a a
16
M1 q1 M2
K
q2 P1 P2
a a a
12
q1 M1 M2 P2
K
P1
q2
a a 2a
17
M1 M2 q2
P1 K
q1 P2
a a a a
13
M1 P1 q1 M2
K
q2 P2
a a a
18
M1 M2
q1 K
q2 P1 P2
a a a a
14
q1 M1 M2
P1 P2
q2 K
a a a a
19
M1 q1 P2 M2
K
q2
P1
a a a a
15
M1 P1 M2
q1
K
P2 q2
a a a
20
M1 P1 M2 P2 q1
K
q2
a a a

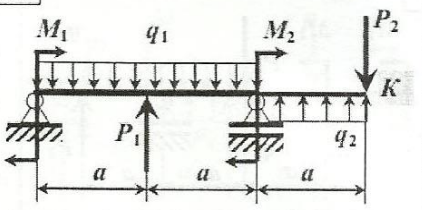
21



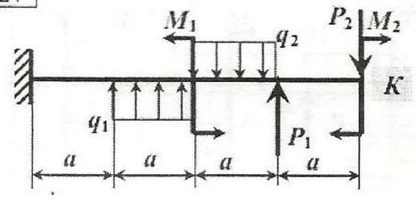
26



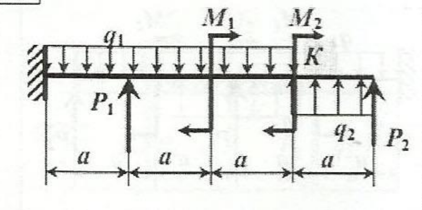
22



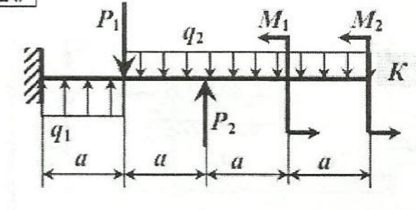
27



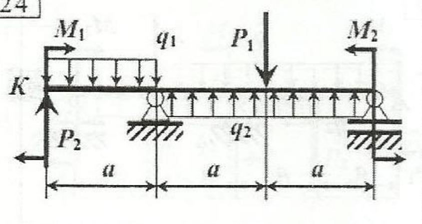
23



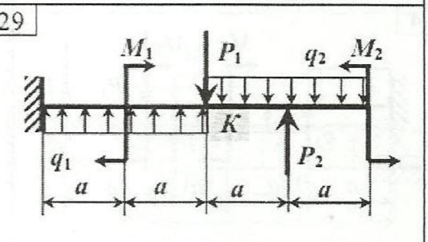
28



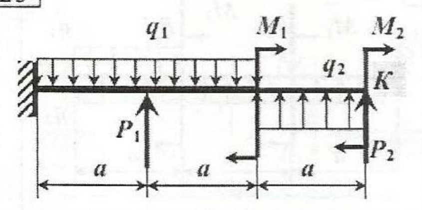
24



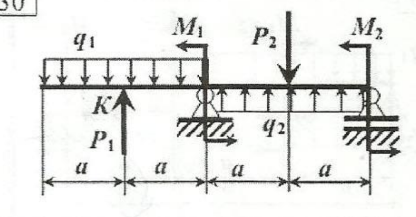
29



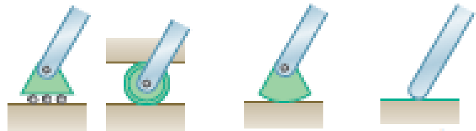
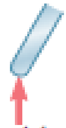
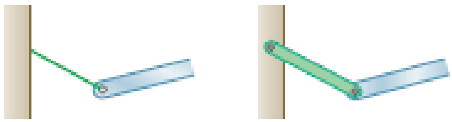
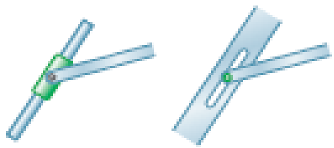
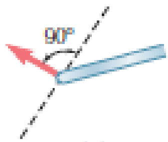
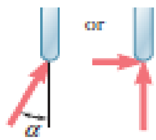
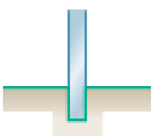
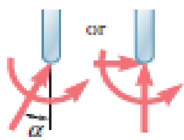
25



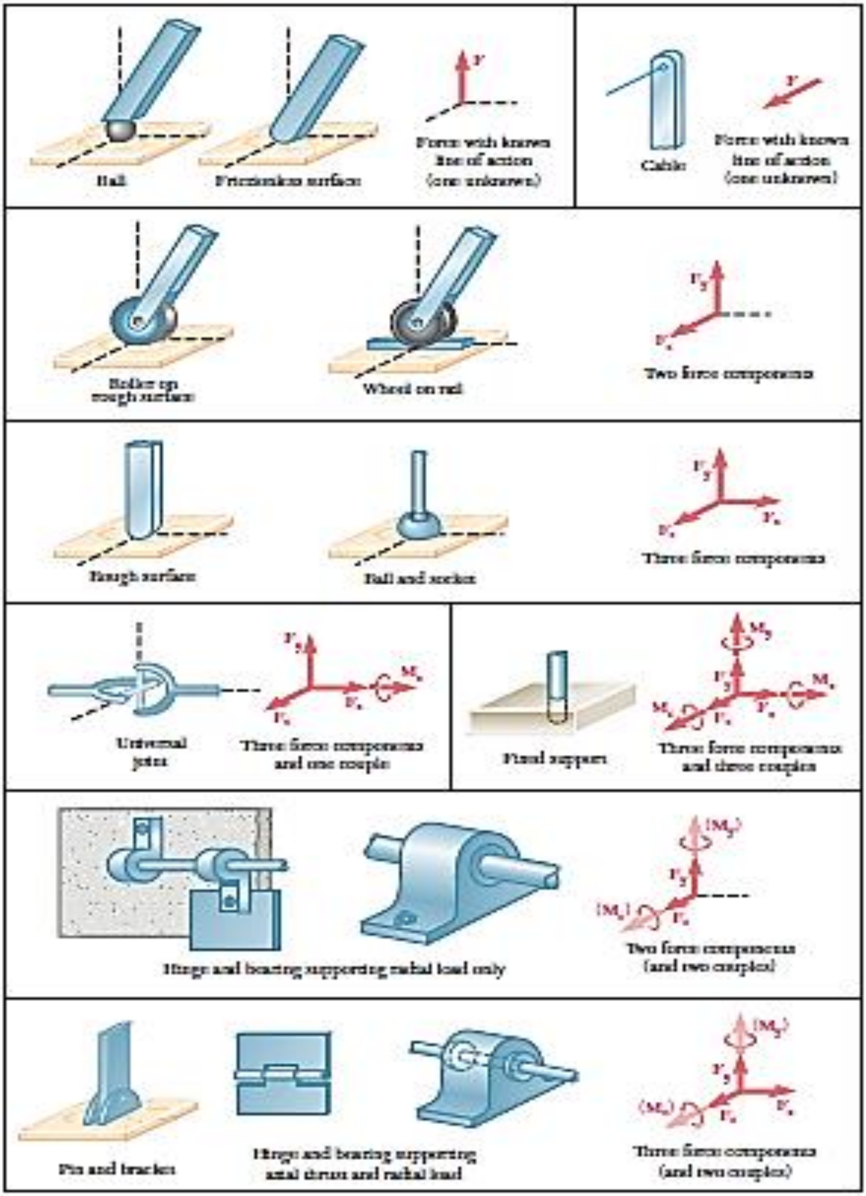
30



اتکأ یز عکس العملونه ددوه بعدي عناصرو لپاره

Support or Connection	Reaction	Number of Unknowns
 Rollers, Rocker, Frictionless surface	 Force with known line of action	1
 Short cable, Short link	 Force with known line of action	1
 Collar on frictionless rod, Frictionless pin in slot	 Force with known line of action	1
 Frictionless pin or hinge, Rough surface	 Force of unknown direction	2
 Fixed support	 Force and couple	3

اتکأ یز عکس العملونه ددري بعدي عناصرو لپاره

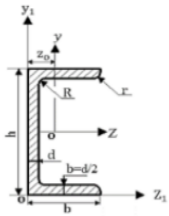

Ball
Frictionless surface
Force with known line of action (one unknown)
Cable
Force with known line of action (one unknown)
Roller on rough surface
Wheel on rail
Two force components
Rough surface
Ball and socket
Three force components
Universal joint
Three force components and one couple
Fixed support
Three force components and three couples
Hinge and bearing supporting radial load only
Two force components (and two couples)
Pin and bracket
Hinge and bearing supporting axial thrust and radial load
Three force components (and two couples)

SI Prefixes

Multiplication Factor	Prefix†	Symbol
$1\ 000\ 000\ 000\ 000 = 10^{12}$	tera	T
$1\ 000\ 000\ 000 = 10^{9}$	giga	G
$1\ 000\ 000 = 10^{6}$	mega	M
$1\ 000 = 10^{3}$	kilo	k
$100 = 10^{2}$	hecto‡	h
$10 = 10^{1}$	deka‡	da
$0.1 = 10^{-1}$	deci‡	d
$0.01 = 10^{-2}$	centi‡	c
$0.001 = 10^{-3}$	milli	m
$0.000\ 001 = 10^{-6}$	micro	μ
$0.000\ 000\ 001 = 10^{-9}$	nano	n
$0.000\ 000\ 000\ 001 = 10^{-12}$	pico	p
$0.000\ 000\ 000\ 000\ 001 = 10^{-15}$	femto	f
$0.000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 001 = 10^{-18}$	atto	a

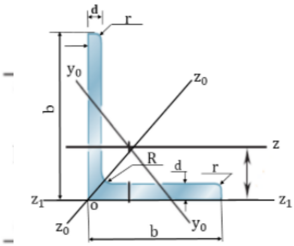
Principal SI Units Used in Mechanics

Quantity	Unit	Symbol	Formula
Acceleration	Meter per second squared	. . .	m/s^2
Angle	Radian	rad	†
Angular acceleration	Radian per second squared	. . .	rad/s^2
Angular velocity	Radian per second	. . .	rad/s
Area	Square meter	. . .	m^2
Density	Kilogram per cubic meter	. . .	kg/m^3
Energy	Joule	J	$N \cdot m$
Force	Newton	N	$kg \cdot m/s^2$
Frequency	Hertz	Hz	s^{-1}
Impulse	Newton-second	. . .	$kg \cdot m/s$
Length	Meter	m	‡
Mass	Kilogram	kg	‡
Moment of a force	Newton-meter	. . .	$N \cdot m$
Power	Watt	W	J/s
Pressure	Pascal	Pa	N/m^2
Stress	Pascal	Pa	N/m^2
Time	Second	s	‡
Velocity	Meter per second	. . .	m/s
Volume, solids	Cubic meter	. . .	m^3
Liquids	Liter	L	$10^{-3}\ m^3$
Work	Joule	J	$N \cdot m$



ديومخي انګلارن (C)داندازوقيمت دروسيې هيواد د(GOST 8240-97)ستندرد مطابق.

دپروفيل ګڼه	کتله په متر کې (kg)	اندازې په ملي متر (mm)						دمقطع مساحت (cm^2)	قيمتونه نسبت محورونو ته							Z_0 cm
		h	b	d	t	R	r		Z-Z				y-y			
									Iz cm^4	Wz cm^3	i_z cm	Sz cm^3	Iy cm^4	Wy cm^3	i_y cm	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
5	4.84	50	32	4.4	7.0	6	2.5	6.16	22.8	9.1	1.92	5.59	5.61	2.75	0.954	1.16
6.5	5.90	65	36	4.4	7.2	6	2.5	7.51	48.6	15.0	2.54	9.0	8.70	3.68	1.08	1.24
8	7.05	80	40	4.5	7.4	6.5	2.5	8.98	89.4	22.4	3.16	13.3	12.8	4.75	1.19	1.31
10	8.59	100	46	4.5	7.6	7	3	10.9	174	34.8	3.99	20.4	20.4	6.46	1.37	1.44
12	10.4	120	52	4.8	7.8	7.5	3	13.3	304	50.6	4.78	29.6	31.2	8.52	1.53	1.54
14	12.3	140	58	4.9	8.1	8	3	15.6	491	70.2	5.60	40.8	45.4	11.0	1.70	1.67
14a	13.3	140	62	4.9	8.7	8	3	17.0	545	77.8	5.66	45.1	57.5	13.3	1.84	1.87
16	14.2	160	64	5.0	8.4	8.5	3.5	18.1	747	93.4	6.42	54.1	63.3	13.8	1.87	1.80
16a	15.3	160	68	5.0	9.0	8.5	3.5	19.5	823	103	6.49	59.4	78.8	16.4	2.01	2.00
18	16.6	180	70	5.1	8.7	9	3.5	20.7	1090	121	7.24	69.8	86.0	17.0	2.04	1.94
18a	17.4	180	74	5.1	9.3	9	3.5	22.2	1190	132	7.32	76.1	105	20.0	2.18	2.13
20	18.4	200	76	5.2	9.0	9.5	4	23.4	1520	152	8.07	87.8	113	20.5	2.20	2.07
20a	19.8	200	80	5.2	9.7	9.5	4	25.2	1670	167	8.15	95.9	139	24.2	2.35	2.28
22	21.0	220	82	5.4	9.5	10	4	26.7	2110	192	8.89	110	151	25.1	2.37	2.21
22a	22.6	220	87	5.4	10.2	10	4	28.8	2330	212	8.99	121	187	30.0	2.55	2.46
24	24.0	240	90	5.6	10.0	10.5	4	30.6	2900	242	9.73	139	208	31.6	2.60	2.42
24a	25.8	240	95	5.6	10.7	10.5	4	32.9	3180	265	9.84	151	254	37.2	2.87	2.67
27	27.7	270	95	6.0	10.5	11	4.5	35.2	4160	308	10.9	178	262	37.3	2.73	2.47
30	31.8	300	100	6.5	11.0	12	5	40.5	5810	387	12.0	224	327	43.6	2.84	2.52
33	36.5	330	105	7.0	11.7	13	5	46.5	7980	484	13.4	281	410	51.8	2.97	2.59
36	41.9	360	110	7.5	12.6	14	6	53.4	10820	601	14.2	350	513	61.7	3.10	2.68
40	48.3	400	115	8.0	13.5	15	6	61.5	15220	761	15.7	444	642	73.4	3.23	2.75

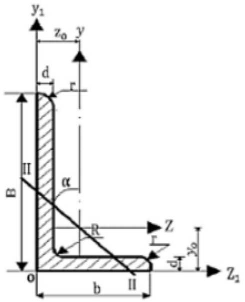


دمتساوي الساقين انكلارن داندازو قيمت دروسيې هيواد د(GOST 8240-97)ستندرد مطابق.

دپروفيل گنيه	اندازي په				دمقطع مساحت په (mm^2)	وزن في متر په (Kg)	قيمتونه نسبت محوررونو ته							Z_0 cm
	b	d	R	r			z-z		z_0-z_0		y_0-y_0		z_1-z_1	
							I_x cm^4	i_{xmax} cm	I_{xomax} cm^4	i_{xomax} cm	I_{yomax} cm^4	i_{yomax} cm	I_{x1} cm^4	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
2	20	3 4	3.5	1.2	1.13 1.46	0.89 1.15	0.40 0.5	0.59 0.58	0.63 0.78	0.75 0.73	0.17 0.22	0.39 0.38	0.81 1.09	0.60 0.64
2.5	25	3 4	3.5	1.2	1.43 1.86	1.12 1.46	0.81 1.03	0.75 0.75	1.29 1.62	0.95 0.93	0.34 0.44	0.49 0.48	1.57 2.11	0.73 0.76
2.8	28	3	4	1.3	1.62	1.27	1.16	0.85	1.84	1.07	0.48	0.55	2.20	0.80

12	11.5	120	64	4.8	7.3	7.5	3	14.7	350	58.4	4.88	33.7	27.9	8.72	1.38
14	13.7	140	73	4.9	7.5	8	3	17.4	572	81.7	5.73	46.8	41.9	11.5	1.55
16	15.9	160	81	5.0	7.8	8.5	3.5	20.2	873	109	6.57	62.3	58.6	14.5	1.70
18	18.4	180	90	5.1	8.1	9	3.5	23.4	1290	143	7.42	81.4	82.6	18.4	1.88
18a	19.9	180	100	5.1	8.3	9	3.5	25.4	1430	159	7.51	89.8	114	22.8	2.12
20	21.0	200	100	5.2	8.4	9.5	4	26.8	1840	184	8.28	104	115	23.1	2.07
22	24.0	220	110	5.4	8.7	10	4	30.6	2550	232	9.13	131	157	28.6	2.27
22a	25.8	220	120	5.4	8.9	10	4	32.8	2790	254	9.22	143	206	34.3	2.50
24	27.3	240	115	5.6	9.5	10.5	4	34.8	3460	289	9.97	163	198	34.5	2.37
24a	29.4	240	125	5.6	9.8	10.5	4	37.5	3800	317	10.1	178	260	41.6	2.63
27	31.5	270	125	6.0	9.8	11	4.5	40.2	5010	371	11.2	210	260	41.5	2.54
27a	33.9	270	135	6.0	10.2	11	4.5	43.2	5500	407	11.3	229	337	50.0	2.80
30	36.5	300	135	6.5	10.2	12	5	64.5	7080	472	12.3	268	337	49.9	2.69
30a	39.2	300	145	6.5	10.7	12	5	49.9	7780	518	12.5	292	436	60.1	2.95
33	42.2	330	140	7.0	11.2	13	5	53.8	9840	597	13.5	339	419	59.9	2.79
36	48.6	360	145	7.5	12.3	14	6	61.9	13380	743	14.7	423	516	71.1	2.89
40	56.1	400	155	8.0	13.0	15	6	71.4	18930	947	16.3	540	666	85.9	3.05
45	65.2	450	160	8.6	14.2	16	7	83.0	27450	1220	18.2	699	807	101	3.12
50	76.8	500	170	9.5	15.2	17	7	97.8	39220	1570	20.0	905	1040	122	3.26
55	89.8	550	180	10.3	16.5	18	7	114	55150	2000	22.0	1150	1350	150	3.44
60	104	600	190	11.1	17.8	20	8	132	75450	2510	23.9	1450	1720	181	3.60
65	120	650	200	12.0	19.2	22	9	153	101400	3220	25.8	1800	2170	217	3.77
70	138	700	210	13.0	20.8	24	10	176	134600	3840	27.7	2230	2730	260	3.94
70a	158	700	210	15.0	24.0	24	10	202	142700	4360	27.5	2550	3240	309	4.01
70b	184	700	210	17.5	28.2	24	10	234	175370	5010	27.4	2940	3910	373	4.09

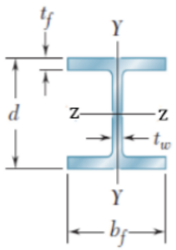
9	90	6	10	3.3	10.6	8.33	82.1	2.78	130	3.50	34.0	1.79	145	2.43
		7			12.3	9.64	94.3	2.77	150	3.49	38.9	1.78	169	2.47
		8			13.9	10.9	106	2.76	158	3.48	43.8	1.77	194	2.51
		9			15.6	12.2	118	2.75	186	3.46	48.6	1.77	219	2.55
10	100	6.5	12	4	12.8	10.1	122	3.09	193	3.88	50.7	1.99	214	2.68
		7			13.8	10.8	131	3.08	207	3.88	54.2	1.98	231	2.71
		8			15.6	12.2	147	3.07	233	3.87	60.9	1.98	265	2.75
		9			19.2	15.1	179	3.05	284	3.84	74.1	1.96	333	2.83
		10			22.8	17.9	209	3.03	331	3.81	86.9	1.95	402	2.91
		12			26.3	20.6	237	3.00	375	3.78	99.3	1.94	472	2.99
		14			29.7	23.3	264	2.98	416	3.74	112	1.94	542	3.06
11	110	7	12	4	15.2	11.9	176	3.40	279	4.29	72.7	2.19	308	2.96
		8			17.2	13.5	198	3.39	315	4.28	81.8	2.18	353	3.00
12.5	125	8	14	4.6	19.7	15.5	294	3.87	467	4.87	122	2.49	516	3.36
		9			22.0	17.3	327	3.86	520	4.86	135	2.48	582	3.40
		10			24.3	19.1	360	3.85	571	4.84	149	2.47	649	3.45
		12			28.9	22.7	422	3.82	670	4.82	174	2.46	782	3.53
14	140	9	14	4.6	24.7	19.4	466	4.34	739	5.47	192	2.79	818	3.78
		10			27.3	21.5	512	4.33	814	5.46	211	2.78	911	3.82
		12			32.5	25.5	602	4.31	957	5.43	284	2.76	1097	3.90
16	160	10	16	5.3	31.4	24.7	774	4.96	1229	6.25	319	3.19	1356	4.30
		11			34.4	27.0	844	4.95	1341	6.24	348	3.18	1494	4.35
		12			37.4	29.4	913	4.94	1450	6.23	376	3.17	1633	4.39
		14			43.3	34.0	1046	4.92	1662	6.20	431	3.16	1911	4.47
		16			49.1	38.5	1175	4.89	1866	6.17	485	3.14	2191	4.55
		18			54.8	43.0	1299	4.87	2061	6.13	537	3.13	2472	4.63
		20			60.4	47.4	1419	4.85	2248	6.10	589	3.12	2756	4.70
18	180	11	16	5.3	38.8	30.5	1216	5.60	1933	7.06	500	3.59	2128	4.85
		12			42.2	33.1	1317	5.59	2093	7.04	540	3.58	2324	4.89
20	200	12	18	6	47.1	37.0	1823	6.22	2896	7.84	749	3.99	3182	5.37
		13			50.9	39.9	1961	6.21	3116	7.83	805	3.98	3452	5.42
		14			54.6	42.8	2097	6.20	3333	7.81	861	3.97	3744	5.45
		16			62.0	48.7	2363	6.17	3755	7.78	970	3.96	4264	5.54
		20			76.5	60.1	2871	6.12	4560	7.72	1182	3.93	5355	5.70
		25			94.3	74.0	3466	6.06	5494	7.63	1438	3.91	6733	5.89
		30			115.5	87.6	4020	6.00	6351	7.55	1688	3.89	8130	6.07
22	220	14	21	7	60.4	47.4	2814	6.83	4470	8.60	1159	4.38	4941	5.93
		16			68.6	53.8	3175	6.81	5045	8.57	1306	4.36	5661	6.02
25	250	16	24	8	78.4	61.5	4717	7.76	7492	9.78	1942	4.98	8286	6.75
		18			87.7	68.9	5224	7.73	8337	9.75	2158	4.96	9342	6.73
		20			97.0	76.1	5765	7.71	9160	9.72	2370	4.94	10401	6.91
		22			106.1	83.3	6270	7.69	9961	9.69	2579	4.93	11464	7.00
		25			119.7	94.0	7006	7.65	11125	9.64	2887	4.91	13064	7.11
		28			133.1	104.5	7717	7.61	12244	9.59	3190	4.89	14674	7.23
		30			142.0	111.4	8177	7.59	12965	9.56	3389	4.89	15753	7.31



دمختلف الاضلاع انګلارن داندازو قیمت دروسيي هیواد د(GOST 8240-97)ستندرد مطابق.

دپروفیل ګڼه	اندازې په (mm)					دمقطع مساحت په (cm^2)	دفي متر وزن په (Kg)	قیمتونه نسبت محورونو ته										
								$z-z$		$y-y$		z_1-z_1		y_1-y_1		u-u		دمحور دمیلان زاویه $(\tan\alpha)$
	B	b	d	R	r			I_z cm^4	i_z cm	I_y cm^4	i_y cm	I_{z1} cm^4	I_z cm	I_{yo} cm^4	I_{yo} cm^4	I_{y1} cm^4	z_o cm	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
2.5/1.6	25	16	3	3.5	1.2	1.16	0.91	0.70	0.78	0.22	0.44	1.56	0.86	0.43	0.42	0.13	0.34	0.392
3.2/2	32	20	3	3.5	1.2	1.49	1.57	1.52	1.01	0.46	0.55	3.26	1.08	0.82	0.49	0.28	0.43	0.382
			4			1.94	1.52	1.93	1.00	0.57	0.54	4.38	1.12	1.12	0.53	0.35	0.43	0.374
4/2.5	40	25	3	4.0	1.3	1.89	1.48	3.06	1.27	0.93	0.70	6.37	1.32	1.58	0.59	0.56	0.54	0.385
			4			2.47	1.94	3.93	1.26	1.18	0.69	8.53	1.37	2.15	0.63	0.71	0.54	0.381
4.5/2.8	45	25	3	5.0	1.7	2.14	1.68	4.41	1.43	1.32	0.79	9.02	1.47	2.20	0.64	0.79	0.61	0.382
			4			2.80	2.20	5.68	1.42	1.69	0.78	12.1	1.51	2.98	0.68	1.02	0.60	0.379
5/3.2	50	32	3	5.5	1.8	2.42	1.90	6.17	1.60	1.99	0.91	12.4	1.60	3.26	0.72	1.18	0.70	0.403
			4			3.17	2.49	7.98	1.59	2.56	0.90	16.6	1.65	4.42	0.76	1.52	0.69	0.401
5.6/3.6	56	36	3.5	6.0	2.0	3.16	2.48	10.1	1.79	3.30	1.02	20.3	1.80	5.43	0.82	1.95	0.79	0.407
			4			3.58	2.81	11.4	1.78	3.70	1.02	23.2	1.82	6.35	0.84	2.19	0.78	0.406
			5			4.41	3.46	13.8	1.77	4.48	1.01	29.2	1.86	7.91	0.88	2.66	0.78	0.404
6.3/4.0	63	40	4	7.0	2.3	4.04	3.17	16.3	2.01	5.16	1.13	33.0	2.03	8.51	0.91	3.07	0.87	0.397
			5			4.98	3.91	19.9	2.00	6.26	1.12	91.4	2.08	10.8	0.95	3.73	0.86	0.396
			6			5.90	4.63	23.3	1.99	7.28	1.11	49.9	2.12	13.1	0.99	4.46	0.86	0.393
			8			7.68	6.03	29.6	1.96	9.15	1.9	66.9	2.20	17.9	1.07	5.58	0.85	0.386
7/4.5	70	45	4.5	2.7	2.5	5.07	3.98	25.3	2.23	8.25	1.28	51	2.25	13.6	1.03	4.88	0.98	0.407
			5			5.59	4.39	27.8	2.23	9.05	1.27	56.7	2.28	15.2	1.05	5.34	0.98	0.406
7.5/5	75	50	5	8	2.7	6.11	4.79	34.8	2.39	12.5	1.43	69.7	2.39	20.8	1.17	7.24	1.09	0.436
			6			7.25	5.60	40.9	2.38	14.6	1.42	83.9	2.44	25.2	1.21	8.48	1.08	0.435
			8			9.47	7.43	52.4	2.35	18.5	1.40	112	2.52	34.2	1.29	10.9	1.07	0.340
8/5	80	50	5	8	2.7	6.36	4.99	41.6	2.56	12.7	1.41	84.6	2.6	20.8	1.13	7.58	1.09	0.387
			6			7.55	5.92	49.0	2.55	14.8	1.40	102	2.65	35.2	1.17	7.88	1.08	0.386
9/5.6	90	56	5.5	9	3	7.86	6.17	65.3	2.88	19.7	1.58	132	2.92	32.2	1.26	11.8	1.22	0.384
			6			8.54	6.70	70.6	2.88	21.2	1.58	145	2.95	35.2	1.28	12.7	1.22	0.384
			8			11.18	8.77	90.9	2.85	27.1	1.56	194	2.04	47.8	1.36	16.3	1.21	0.380
11/7	110	70	6.5	10	3.3	11.4	8.98	142	3.53	45.6	2	286	3.55	74.3	1.58	26.9	1.53	0.402
			7			12.3	9.64	152	3.52	48.7	1.99	309	3.57	80.3	1.6	28.8	1.53	0.402
			8			13.9	10.9	172	3.51	54.6	1.98	353	3.61	92.3	1.64	32.3	1.52	0.400

12.5/8	125	80	7	11	3.7	14.1	11	227	4.01	73.7	2.29	452	4.01	119	1.8	43.3	1.76	0.407
			8			16	12.5	256	4	83.0	2.28	518	4.05	137	1.84	48.8	1.75	0.406
			10			19.7	15.5	312	3.98	100	2.26	649	4.14	173	1.92	59.3	1.74	0.404
			12			23.4	18.3	365	3.95	117	2.24	781	4.22	210	2	69.5	1.72	0.400
14/9	140	90	8	12	4	18	14.1	364	4.49	120	2.58	727	4.49	194	2.03	70.3	1.98	0.411
			10			22.2	17.5	444	4.47	146	2.76	911	4.58	245	2.12	85.5	1.96	0.409
16/10	160	100	9	13	4.3	22.9	18.3	606	5.15	186	2.85	1221	5.19	300	2.23	110	2.2	0.391
			10			25.3	19.8	667	5.13	204	2.84	1359	5.23	335	2.28	121	2.19	0.390
			12			30	23.6	784	5.11	239	2.82	1634	5.32	405	2.36	142	2.18	0.388
			14			34.7	27.3	897	5.08	273	2.8	1910	5.40	477	2.43	162	2.16	0.385
18/11	180	110	10	14	4.7	28	22.2	952	5.8	2.76	3.12	1933	5.88	444	2.44	165	2.42	0.375
			12			33.7	26.4	1123	5.77	3.24	3.1	2324	5.97	537	2.52	194	2.40	0.374
20/12.5	200	125	11	14	4.7	34.9	27.4	1449	6.45	446	3.58	2920	6.5	718	2.79	264	2.75	0.392
			12			37.9	29.7	1568	6.43	482	3.57	3189	4.54	786	2.83	285	2.74	0.392
			14			43.9	34.4	1901	6.41	551	3.54	3726	6.52	922	2.91	327	2.73	0.390
			16			49.8	39.1	2026	6.38	617	3.52	3264	6.71	1061	2.99	367	2.72	0.388
25/16	250	160	12	18	6	48.36	37.9	3147	8.07	1032	4.62	6212	7.97	1634	3.53	604	3.54	0.410
			16			63.6	49.9	4091	8.02	1333	4.58	8308	8.14	2200	3.69	781	3.50	0.408
			18			71.1	55.8	4545	7.99	1475	4.56	9358	8.23	2487	3.77	866	3.49	0.407
			20			78.5	61.7	4987	7.97	1613	4.53	10410	8.31	2776	3.85	949	3.48	0.405

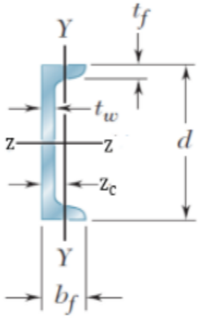


د(I)دوله انګلارن قیمتونه دامریکایي (ASTM)ستندرد مطابق .

دپروفیل ګڼه	دمقطع مساحت په (mm^2)	اندازې په (mm)				قیمتونه نسبت د(z-z) محورونو ته			قیمتونه نسبت د(y-y) محورونوته		
		d	b_f	t_f	t_w	I_z 10^6m^4	S_z 10^3m^3	i_z mm	I_y 10^6m^4	s_y 10^3m^3	i_y mm
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
W920x446	57000	933	423	42.70	24.0	8470	18200	385	540	2550	97.3
W920x201	25600	303	304	20.10	15.2	3250	7200	356	94.4	621	60.7
W840x299	38100	855	400	29.25	18.2	4790	11200	355	312	1560	90.5
W840x176	22400	835	292	18.80	14.0	2460	5890	331	78.2	536	59.1
W760x257	32600	773	881	27.10	16.6	3420	8850	324	250	1310	87.6
W760x147	18700	753	265	17.00	13.2	1660	4410	298	52.9	399	53.2
W690x217	27700	695	355	24.80	15.4	2340	6730	291	185	1040	81.7
W690x125	16000	678	253	16.30	11.7	1190	3510	273	44.1	349	52.5
W760x101	13000	503	228	14.90	10.5	764	2530	242	29.5	259	47.6
W530x150	19200	543	312	20.30	12.7	1010	3720	229	103	660	73.2
W530x92	18000	533	209	15.60	10.2	552	2070	216	23.8	228	44.9
W530x66	83070	525	165	11.40	8.9	351	1340	205	8.57	104	32.0
W460x158	2100	476	284	23.90	15.0	796	3340	199	91.4	644	67.4
W460x113	14400	463	280	17.30	10.8	556	2400	196	63.3	452	66.3
W460x74	9400	457	190	14.50	9.0	333	1460	188	16.6	175	41.9
W460x52	6630	450	152	10.80	7.6	212	942	179	6.34	83.4	30.9
W410x114	14600	420	261	19.30	11.6	462	2200	178	57.2	436	62.6
W410x85	10800	417	181	18.20	10.9	315	1510	171	18.0	199	40.8
W410x60	7580	407	178	12.80	7.7	216	1060	169	12.1	136	40.0
W410x46.1	5890	403	140	11.20	7.0	156	774	163	5.14	73.4	29.5
W410x38.8	4990	399	140	8.80	6.4	127	637	160	4.04	57.7	28.5
W360x551	70100	455	418	67.60	42.0	2260	9930	180	825	3950	108
W360x216	27600	375	394	27.70	17.3	712	3800	161	283	1440	101
W360x122	15500	363	257	21.70	13.0	365	2010	153	61.5	479	63.0
W360x101	12900	357	255	18.30	10.5	302	1690	153	50.6	397	62.6
W360x79	10100	357	205	16.80	9.4	227	1280	150	24.2	236	48.9
W360x64	8140	347	203	13.50	7.7	178	1030	148	18.9	186	48.2
W360x57.8	7220	358	172	13.10	7.9	161	899	149	11.1	129	39.2
W360x44	5730	352	171	9.80	6.9	122	693	146	8.18	95.7	37.8
W360x39	4980	353	128	10.70	6.5	102.0	578	143	3.75	58.6	27.4
W360x32.9	4170	349	127	8.50	5.8	82.7	474	141	2.91	45.8	26.4
W310x143	18200	323	309	22.9	14.0	348	2150	138	113	731	78.8
W310x74	9480	310	205	16.3	9.4	165	1060	132	23.4	228	49.7
W310x60	7590	303	203	13.1	7.5	129	851	130	18.3	180	49.1
W310x52	6670	318	167	13.2	7.6	119	748	134	10.3	123	39.3

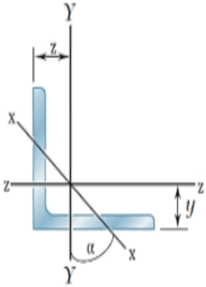
t_f y

W310x44.5	5690	313	166	11.2	6.6	99.2	634	132	8.55	103	38.8
W310x38.7	4940	310	165	9.7	5.8	85.1	549	131	7.27	88.1	38.4
W310x32.7	4180	313	102	10.8	6.6	65.0	415	125	1.92	37.6	21.4
W310x23.8	3040	305	101	6.7	5.6	42.7	280	119	1.16	23.0	19.5
W250x167	21300	289	265	31.8	19.2	300	280	119	98.8	746	68.1
W250x101	12900	264	257	19.6	11.9	164	1240	113	55.5	432	65.6
W250x80	10200	256	255	15.6	9.4	126	984	111	43.1	338	65.0
W250x67	8580	257	204	15.7	8.9	104	809	110	22.2	218	51.0
W250x58	7420	252	203	13.5	8.0	87.3	693	108	18.8	185	50.3
W250x49.1	6250	247	202	11.0	7.4	70.6	572	106	15.1	150	49.2
W250x44.8	5720	266	148	13.0	7.6	71.1	535	111	7.03	95.0	35.1
W250x32.7	4180	258	146	9.1	6.1	48.9	379	108	4.73	64.8	33.7
W250x28.4	3630	260	102	10.0	6.4	40.0	308	105	1.78	34.9	22.1
W250x22.3	2850	254	102	6.9	5.8	28.9	228	101	1.23	24.1	20.8
W200x86	11000	222	209	20.6	13.0	94.7	853	92.4	31.4	300	53.2
W200x71	9100	216	206	17.4	10.2	76.6	709	91.7	25.4	247	52.8
W200x59	7560	210	205	14.2	9.1	61.1	582	89.9	20.4	199	51.9
W200x52	6660	206	204	12.6	7.9	52.7	512	89.0	17.8	175	51.7
W200x46.1	5860	203	203	11.0	7.2	45.5	448	87.9	15.3	151	51.1
W200x41.7	5310	205	166	11.8	7.2	40.9	399	87.8	9.01	109	41.2
W200x35.9	4580	210	165	10.2	6.2	34.4	342	86.7	7.64	92.6	40.8
W200x26.6	3390	207	133	8.4	5.8	25.8	249	87.2	3.3	49.6	31.2
W200x22.5	2860	206	102	8.0	6.2	20.0	194	83.6	1.42	27.8	22.3
W200x19.3	2480	203	102	6.5	5.8	16.6	164	81.8	1.15	22.5	21.5
W150x37.1	4730	162	154	11.6	8.1	22.2	274	68.5	7.07	91.8	38.7
W150x29.8	3790	157	153	9.3	6.6	17.2	219	67.4	5.56	72.7	38.3
W150x24.0	3060	160	102	10.3	6.6	13.4	168	66.2	1.83	35.9	24.5
W150x18.0	2290	153	102	7.1	5.8	9.17	120	63.3	1.26	24.7	23.5
W150x13.5	1730	150	100	5.5	4.3	6.87	91.6	63.0	0.918	18.4	23.0
W130x28.1	3580	131	128	10.9	6.9	10.9	166	55.2	3.81	59.5	32.6
W130x23.8	3010	127	127	9.1	6.1	8.80	139	54.1	3.11	49.0	32.1
W100x19.3	2480	106	103	8.8	7.1	4.77	90.0	43.9	1.61	31.3	25.5
S510x128	16400	516	179	23.4	16.8	658	2550	200	19.7	216	34.4
S510x98.3	12500	508	159	20.2	12.8	495	1950	199	11.8	145	30.4
S460x104	13300	457	159	17.6	18.1	385	1685	1070	10.4	127	27.5
S460x81.4	10400	457	1552	17.6	11.7	333	1460	179	8.83	113	28.8
S380x74	9500	381	143	15.6	14.0	201	1060	145	6.65	90.8	26.1
S380x64	8150	381	140	15.8	10.4	185	971	151	6.15	85.7	27.1
S310x74	9480	305	139	16.7	17.4	126	826	115	6.69	93.2	26.1
S310x60.7	7730	305	123	16.7	11.7	113	741	121	5.73	83.6	26.8
S310x52	6650	305	129	13.8	10.9	95.3	625	120	4.19	63.6	24.8
S310x47.3	6040	305	127	13.8	8.9	90.5	593	122	3.97	61.1	25.3
S250x52	6670	254	126	12.5	15.1	61.2	482	95.8	3.59	55.7	22.9
S250x37.8	4820	254	118	12.5	7.9	51.1	402	103	2.86	47.5	24.1
S200x34	4370	203	106	10.8	11.2	26.8	264	78.3	1.83	33.8	20.2
S200x27.4	3500	203	102	10.8	6.9	23.9	235	82.6	1.60	30.6	21.1
S150x25.7	3270	152	91	9.1	11.8	10.8	142	57.5	1.00	21.3	17.2
S150x18.6	2370	152	85	9.1	5.8	9.11	120	62.0	0.782	18.0	18.0
S130x15	1890	127	76	8.3	5.4	5.07	79.8	51.8	0.513	13.2	16.3
S100x14.1	1800	102	71	7.4	8.3	2.82	55.3	39.6	0.383	10.5	14.4
S100x11.5	1460	102	68	7.4	4.9	2.53	49.6	41.6	0.328	9.41	14.8
S75x11.2	1430	76	64	6.6	8.9	1.20	31.6	29.0	0.254	7.72	13.1
S75x8.5	1070	76	59	6.6	4.3	1.03	27.1	31.0	0.190	6.44	13.3



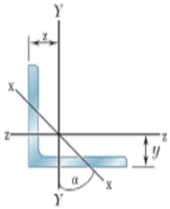
دیوه مخې ناوه یی یا(C)دوله انګلارن قیمتونه دامریکایي (ASTM)ستندرد مطابق .

دپروفیل ګنه	دمقطع مساحت په (mm^2)	اندازې په (mm)				قیمتونه نسبت د(z-z)محورونو ته			قیمتونه نسبت د(y-y)محورونوته			
		d	b_f	t_f	t_w	I_z 10^6m^4	S_z 10^3m^3	i_z mm	I_y 10^6m^4	S_y 10^3m^3	i_y mm	Z_C mm
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
C380x74	9480	381	94	16.5	18.2	167	877	133	4.54	61.5	21.9	20.2
C380x60	7570	381	89	16.5	13.2	144	156	138	3.79	54.7	22.4	19.7
C380x50.4	6430	381	86	16.5	10.2	134	688	143	3.34	50.5	22.8	19.9
C310x45	5690	305	80	12.7	13.0	67.2	441	109	2.09	33.2	19.2	17.0
C310x37	4720	305	77	12.7	9.8	59.7	391	112	1.83	30.5	19.7	17.0
C310x30.8	3920	305	74	12.7	7.2	53.4	350	117	1.57	27.7	20.0	17.4
C250x45	5670	254	76	11.1	17.1	42.7	336	86.4	1.58	26.5	16.7	16.3
C250x30	3780	254	69	11.1	9.6	32.6	257	92.9	1.14	21.2	17.4	15.3
C250x22.8	2880	254	65	11.1	6.1	27.7	218	98.1	0.912	18.5	17.8	15.8
C230x30	3800	229	67	10.5	11.4	25.4	222	81.8	0.997	19.1	16.2	14.7
C230x22	2840	229	63	10.5	7.2	21.2	185	86.4	0.796	16.5	16.7	14.9
C230x19.9	2530	229	61	10.5	5.9	19.8	173	88.5	0.708	15.4	16.7	15.0
C200x27.9	3560	203	64	9.9	12.4	18.2	179	71.5	0.817	16.4	15.1	14.3
C200x20.5	2660	203	59	9.9	7.7	14.9	147	75.7	0.620	13.7	15.4	13.9
C200x17.1	2170	203	57	9.9	5.6	13.4	132	78.6	0.538	12.6	15.7	14.4
C180x18.2	2310	178	55	9.3	8.0	10.0	112	65.8	0.470	11.2	14.3	13.1
C180x14.6	1850	178	53	9.3	5.3	8.83	99.2	69.1	0.400	10.2	14.7	13.7
C150x19.3	2450	152	54	8.7	11.1	7.1	93.6	53.9	0.420	10.2	13.1	12.9
C150x15.6	1980	152	51	8.7	8.0	6.21	81.7	56.0	0.347	9.01	13.2	12.5
C150x12.2	1540	152	48	8.7	5.1	5.35	70.4	58.9	0.276	7.82	13.4	12.7
C130x13	1710	127	48	8.1	8.3	3.70	58.3	56.5	0.264	7.37	12.4	12.2
C130x10.4	1310	127	47	8.1	4.8	3.25	51.2	49.8	0.229	6.74	13.2	13.0
C100x10.8	1370	102	43	7.5	8.2	1.90	37.3	37.2	0.172	5.44	11.2	11.4
C100x8.0	1020	102	40	7.5	4.7	1.61	31.6	39.7	0.130	4.56	11.3	11.5
C75x8.9	1130	76.2	40	6.9	9.0	0.850	22.3	27.4	0.122	4.25	10.4	11.3
C75.7.4	936	76.2	37	6.9	6.6	0.751	19.7	28.3	0.0948	3.62	10.1	10.8
C75.6.1	765	76.2	35	6.9	4.3	0.671	17.6	29.6	0.0765	3.16	10.0	10.8



دمختلف الاضلاع یا(L)دوله انګلارن قیمتونه دامریکایي (ASTM)ستندرد مطابق.

دپروفیل ګڼه	دفي متر وزن په (Kg)	دمقطع مساحت (mm^2)	قیمتونه نسبت د(z-z)محورونوته				قیمتونه نسبت د(y-y) محورونوته				قیمتونه نسبت د (x-x)محورونوته	
			I_Z 10^6m^4	S_Z 10^3m^3	i_Z mm	Z mm	I_Z 10^6m^4	S_y 10^3m^3	i_y mm	y mm	i_y mm	tan α
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
L203x152x25.4	65.5	8370	33.5	247	63.3	67.4	16.0	145	43.7	41.9	32.4	0.541
L203x152x9.0	50.1	6380	26.2	190	64.1	65.1	12.7	113	44.6	39.6	32.7	0.551
L203x152x12.7	34.1	4350	18.4	131	65.0	62.7	8.96	78.1	45.4	37.3	33.0	0.556
L152x102x19.0	35.0	4470	10.1	102	47.5	52.5	3.65	49.0	28.6	27.5	21.9	0.435
L152x102x12.7	24.0	30.60	7.2	70.8	48.5	50.3	2.64	34.4	29.4	25.3	22.2	0.446
L152x1029.5	18.2	2320	5.56	54.0	49.0	49.1	2.06	26.4	29.8	24.1	22.4	0.452
L127x76x12.7	19.0	2420	3.93	47.6	40.3	44.4	1.06	18.6	20.9	19.0	16.3	0.355
L127x76x9.5	14.5	1840	3.06	36.6	40.8	43.3	0.841	14.5	21.4	17.8	16.6	0.362
L127x76x6.4	9.8	1260	2.14	25.2	41.2	42.1	0.598	10.1	21.8	16.6	16.8	0.369
L102x76x12.7	16.4	2100	2.12	31.1	31.8	33.9	1.00	18.1	21.8	20.9	16.2	536
L102x76x9.5	12.6	1600	1.66	24.0	32.2	32.8	0.792	14.1	22.2	19.8	16.3	0.545
L102x76x6.4	8.6	1100	1.17	16.6	32.6	31.4	0.564	9.83	22.6	18.6	16.5	0.552
L89x64x12.7	13.9	1780	1.36	23.3	27.6	30.6	0.581	12.7	18.1	18.1	13.7	0.491
L89x64x9.5	10.7	1360	1.07	18.0	28.0	29.5	0.463	9.83	18.5	16.9	13.8	0.503
L89x64x6.4	7.3	938	0.759	12.5	28.4	28.3	0.333	6.91	18.8	15.8	13.9	0.512
L76x51x12.7	11.5	1450	0.795	16.4	23.4	27.4	0.283	7.84	14.0	14.9	10.9	0.420
L76x51x9.5	8.8	1120	0.632	12.7	23.8	26.2	0.228	6.11	14.3	13.7	10.9	0.434
L76x51x6.4	6.1	772	0.453	8.90	24.2	25.1	0.166	4.32	14.7	12.6	11.1	0.446
L64x51x9.5	7.9	1000	0.388	9.10	19.5	21.3	0.217	5.99	14.7	14.8	10.8	0.610
L64x51x6.4	5.4	695	0.280	6.39	20.1	20.2	0.158	4.24	15.1	13.7	10.8	0.621



دمتساوي الاضلاع يا(L)دوله انګلارن قيمتونه دامريکايي (ASTM)ستندرد مطابق .

پروفيل ګنه	دفي متر وزن په(Kg)	دمقطع مساحت په (mm^2)	قيمتونه نظر د(y-y)او(z-z)محورونو ته				قيمتونه نظر د(x-x)محورونو ته
			I 10^6m^4	S 10^3m^3	i mm	z or y	i mm
1	2	3	4	5	6	7	8
L203x203x25.4	75.9	9670	36.9	258	61.8	60.0	39.7
L203x203x12.7	57.9	7350	28.9	199	62.7	57.8	40.0
L203x203x12.7	39.3	4990	20.2	137	63.3	55.5	40.0
L153x152x25.4	55.7	780	14.6	139	45.4	47.2	29.5
L152x152x19.0	42.7	5420	11.6	108	46.3	44.9	29.7
L152x152x15.9	36.0	4580	10.0	92.5	46.7	43.9	29.9
L152x152x12.7	29.2	3700	8.22	75.2	47.1	42.7	30.0
L127x127x19.0	35.1	4470	6.54	74.0	38.3	38.6	24.7
L127x127x15.9	29.8	3790	5.66	63.2	38.6	37.5	24.8
L127x127x12.7	24.1	3060	4.68	51.7	39.1	36.5	25.0
L127x127x9.5	18.3	2320	3.63	39.6	39.6	35.3	25.1
L102x102x19.0	27.5	3520	3.23	46.3	30.3	32.3	19.9
L102x102x15.9	23.4	2990	2.81	39.7	30.7	31.3	19.9
L102x102x12.7	19.0	2430	2.34	32.6	31.0	30.2	19.9
L102x102x9.5	14.6	1850	1.83	25.1	31.5	29.0	20.0
L102x102x6.4	9.8	1260	1.29	17.4	32.0	28.0	20.3
L89x89x12.7	16.5	2100	1.52	24.5	26.9	26.9	17.4
L89x89x9.5	15.6	1600	1.19	18.8	27.3	25.8	17.4
L89x89x6.4	8.6	1100	0.845	13.1	27.7	24.6	17.6
L76x76x12.7	14.0	1770	0.915	17.5	22.7	23.6	14.8
L76x76x9.5	10.7	1350	0.725	13.6	23.2	22.5	14.9
L76x76x6.4	7.3	932	0.517	9.50	23.6	21.4	15.0
L64x64x12.7	11.4	1460	0.624	12.1	18.9	20.6	12.5
L64x64x9.5	7.8	1130	0.419	9.40	19.3	19.4	11.5
L64x64x6.4	6.1	778	0.302	6.63	19.7	18.4	12.6
L64x64x4.8	6.4	591	0.235	5.09	19.5	17.8	12.7
L51x51x9.5	7.0	879	0.202	5.09	15.2	16.2	9.95
L51x51x6.4	4.7	612	0.147	4.09	15.5	15.1	9.94
L51x51x3.2	2.4	316	0.0806	2.17	16.0	13.0	10.1

اخځليکونه (مأخذونه):

1.رايم . زيړبا ياسي،داوسپنيز کانکريټودمحاسبې پېژندنه ، ژباړن.
مومند.عبادالرحمن،يارخپرندويه ټولنه ،ننګرهار،۱۳۹۳ه ش.
2.خالقي.عبدالاحد.مقاومت مواد ،مطبعه عازم ،کابل، ۱۳۹۱ ه ش.
3.رازقي .محمد اسحق،انجينري ميخانيك ،مومندخپرندويه ټولنه ،جلال آباد، ۱۳۹۴ هـ ش.
4.ربرت.آر.آرچروجورج.ايس.ريخن باخ،مقاومت مصالح،ترجمه ،اردشيرجهانشاهی،دانشگاه تهران،۱۳۴۷هـ ش.

5.В.И.ФЕОДОСЪЕВ,СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ,МОСКВа ВЫСЩ.щк.1964.

6.Г.С.ПИСАРЕКО,В.А.АГАРЕВ.А.Л,КВИТКА,В.Г.ПОПКОВ,Э.С.У МАНСКИЙ,СОПРОТИВПВЛЕЛЕНИЕ МАТЕРИАПОВ КИев ВЫСЩ.ЩК.1963.

7. P.Beer Ferdinand ,F.Mazurek David ,Me Chanics of Material, 6th Edition , Mc Grew Hell Companies Tnc@.2012.

8. R.S.KHURMI,Strength of Materials,23rd,Edition,SI Units ,New DELHI,2005.

9.WILLIAM NASH,Strenght of Materials ,4th Edition , New DELHI,2004.

10. R.S.KHURMI,Strength of Materials , SI Units ,New DELHI,2004.



د لیکوال بیوګرافي

پوهنمل انجنیر بهرام آمیري د امیرګل زوی په ۱۳۳۹ ه،ش کال د خوست ولایت د تڼیو ولسوالی د خنډکي للمۍ په کلي کې زیږیدلی دی.

زده کړې یې له لومړي ټولګي څخه تر دوولسم ټولګي پورې د غرغښت په مرکزي لیسه کې سرته رسولې دي.

د ۱۳۵۸ ه،ش د کانکور په آزموینه کې د کابل پولي تخنیك پوهنتون کې شامل او په ۱۳۶۴ ه،ش کال د ساختماني پوهنځۍ د صنعتي او مدني تعمیراتو له څانګې د فراغت سند ترلاسه کړ.

په همدې کال د اوبو او برښنا وزارت کې مقرر چې تر ۱۳۷۲ ه،ش کال پورې مې ددې وزارت په ساختماني دستګاوو کې خپله دنده سرته رسولي ده.

خوست ولایت ته د افغان پوهنتون د انتقال سره سم د انجنیري پوهنځۍ کې د استاد په صفت مقرر او تراوسه پورې خپله دنده سرته رسوم. تر اوسه پورې مې لاندې عملي او تحقیقي مقالې لیکلي او خپرې کړیدي :

۱. په خوست کې د مناسب بام پوښښ

۲. د ودانیو د پوړنو تر منځ فرشونه

Abstract

In this textbook strength, stiffness, stability and durability of the structures and their members have been explained in which forces, compression, tension, elongation, shear and bending of structures and machines are describe theoretically and practically.

With each lesson theory, practical examples and home works are written for the better comprehension of the students.

From the textbook students of engineering faculty civil, transportation, dam, architecture and machinery branches and other interested people in the field can take advantage.

Publishing Textbooks

Honorable lecturers and dear students!
The lack of quality textbooks in the universities of Afghanistan is a serious issue, which is repeatedly challenging students and teachers alike. To tackle this issue, we have initiated the process of providing textbooks to the students of medicine. For this reason, we have published 250 different textbooks of Medicine, Engineering, Science, Economics, Journalism and Agriculture (96 medical textbooks funded by German Academic Exchange Service, 140 medical and non-medical textbooks funded by German Aid for Afghan Children, 6 textbooks funded by German-Afghan University Society, 2 textbooks funded by Consulate General of the Federal Republic of Germany, Mazar-e Sharif, 1 textbook funded by Afghanistan-Schulen, 1 textbook funded by SlovakAid, 1 textbook funded by SAFI Foundation and 3 textbooks funded by Konrad Adenauer Stiftung) from Nangarhar, Khost, Kandahar, Herat, Balkh, Al-Beroni, Kabul, Kabul Polytechnic and Kabul Medical universities. The book you are holding in your hands is a sample of a printed textbook. It should be mentioned that all these books have been distributed among all Afghan universities and many other institutions and organizations for free. All the published textbooks can be downloaded from www.ecampus-afghanistan.org.

The Afghan National Higher Education Strategy (2010-2014) states:
"Funds will be made available to encourage the writing and publication of textbooks in Dari and Pashto. Especially in priority areas, to improve the quality of teaching and learning and give students access to state–of–the–art information. In the meantime, translation of English language textbooks and journals into Dari and Pashto is a major challenge for curriculum reform. Without this facility it would not be possible for university students and faculty to access modern developments as knowledge in all disciplines accumulates at a rapid and exponential pace, in particular this is a huge obstacle for establishing a research culture. The Ministry of Higher Education together with the universities will examine strategies to overcome this deficit ".

We would like to continue this project and to end the method of manual notes and papers. Based on the request of higher education institutions, there is the need to publish about 100 different textbooks each year.

I would like to ask all the lecturers to write new textbooks, translate or revise their lecture notes or written books and share them with us to be published. We will ensure quality composition, printing and distribution to Afghan universities free of charge. I would like the students to encourage and assist their lecturers in this regard. We welcome any recommendations and suggestions for improvement.

It is worth mentioning that the authors and publishers tried to prepare the books according to the international standards, but if there is any problem in the book, we kindly request the readers to send their comments to us or the authors in order to be corrected for future revised editions.

We are very thankful to Kinderhilfe-Afghanistan (German Aid for Afghan Children) and its director Dr. Eroes, who has provided fund for this book. We would also like to mention that he has provided funds for 140 medical and non-medical textbooks so far.

I am especially grateful to GIZ (German Society for International Cooperation) and CIM (Centre for International Migration & Development) for providing working opportunities for me from 2010 to 2016 in Afghanistan.

In our ministry, I would like to cordially thank Acting Minister of Higher Education Prof Dr Farida Momand, Academic Deputy Minister Prof Abdul Tawab Balakarzai, Administrative & Financial Director Ahmad Tariq Sediqi, Chancellor of Nangarhar University, Deans of faculties, and lecturers for their continuous cooperation and support for this project .

I am also thankful to all those lecturers who encouraged us and gave us all these books to be published and distributed all over Afghanistan. Finally I would like to express my appreciation for the efforts of my colleagues Hekmatullah Aziz, Fahim Habibi and Fazel Rahim Baryal in the office for publishing books.

Dr Yahya Wardak
Advisor at the Ministry of Higher Education
Kabul, Afghanistan, May, 2017
Office: 0756014640
Email: textbooks@afghanic.de

Message from the Ministry of Higher Education

In history, books have played a very important role in gaining, keeping and spreading knowledge and science, and they are the fundamental units of educational curriculum which can also play an effective role in improving the quality of higher education. Therefore, keeping in mind the needs of the society and today's requirements and based on educational standards, new learning materials and textbooks should be provided and published for the students.

I appreciate the efforts of the lecturers and authors, and I am very thankful to those who have worked for many years and have written or translated textbooks in their fields. They have offered their national duty, and they have motivated the motor of improvement.

I also warmly welcome more lecturers to prepare and publish textbooks in their respective fields so that, after publication, they should be distributed among the students to take full advantage of them. This will be a good step in the improvement of the quality of higher education and educational process.

The Ministry of Higher Education has the responsibility to make available new and standard learning materials in different fields in order to better educate our students.

Finally I am very grateful to German Aid for Afghan Children and our colleague Dr. Yahya Wardak that have provided opportunities for publishing this book.

I am hopeful that this project should be continued and increased in order to have at least one standard textbook for each subject, in the near future.

Sincerely,
Prof. Dr. Farida Momand
Acting Minister of Higher Education
Kabul, 2017

Book Name	Strength of Materials
Author	Sen Teach Assist M Hanif Hashimi
Publisher	Shaikh Zayed University, Engineering Faculty, Khost
Website	www.szu.edu.af
Published	2017, First Edition
Copies	1000
Serial No	239
Download	www.ecampus-afghanistan.org
Printed at	Sahar Printing Press, Kabul, Afghanistan

This publication was financed by German Aid for Afghan Children, a private initiative of the Eroes family in Germany.

Administrative and technical support by Afghanic.

The contents and textual structure of this book have been developed by concerning author and relevant faculty and being responsible for it. Funding and supporting agencies are not holding any responsibilities.

If you want to publish your textbooks, please contact us:
Dr. Yahya Wardak, Ministry of Higher Education, Kabul
Office 0756014640
Email textbooks@afghanic.de

Printed in Afghanistan 2017

ISBN 978-9936-620-42-1